

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural
Explotaciones Agropecuarias

Plantación de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb)
en superintensivo de 23.3 ha con sistema de
fertirrigación mediante estiércol de porcino en el T.M. de
Monreal del Campo, Teruel

Super high-density almond tree (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb)
plantation with a fertirrigation system with liquid swine manure
in the municipality of Monreal del Campo, Teruel

Autor

Jorge Latorre Moreno

Directores

Pablo Martín Ramos
José Casanova Gascón

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
2020

Memoria

Plantación de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.)
D.A.Webb) en superintensivo de 23.3 ha con
sistema de fertirrigación mediante estiércol de
porcino en el T.M. de Monreal del Campo, Teruel

Autor

Jorge Latorre Moreno

ÍNDICE

1. OBJETIVO DEL PROYECTO	1
1.1. Naturaleza de la transformación.....	1
1.2. Emplazamiento.....	1
1.3. Antecedentes	2
1.3.1. <i>Actividad actual de la parcela</i>	2
1.3.2. <i>Evaluación económica</i>	3
1.4. Motivación.....	3
1.4.1. <i>Objetivo del proyecto y alineación con los ODS</i>	3
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE LA ALMENDRA	4
2.1. El cultivo del almendro: un cambio de paradigma.....	4
2.2. Situación internacional.....	4
2.3. Situación nacional	4
2.4. Situación regional.....	5
2.5. Comercialización	5
3. ESTUDIO CLIMÁTICO.....	6
3.1. Temperaturas	6
3.1.1. <i>Temperaturas invernales y horas de frío</i>	7
3.2. Otros factores climáticos.....	7
3.2.1. <i>Insolación</i>	7
3.2.2. <i>Viento</i>	7
3.2.3. <i>Nieve</i>	8
3.2.4. <i>Granizo</i>	8
3.3. Resumen de los índices termopluviométricos	8
4. ESTUDIO EDAFOLÓGICO	9
5. ESTUDIO CALIDAD DEL AGUA	10
5.1. pH	10
5.2. Conductividad eléctrica	10
5.3. Normas para la clasificación del agua	10
6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	11
6.1. Identificación de alternativas	11
6.2. Restricciones impuestas.....	11
6.3. Evaluación de alternativas.....	11
6.3.1. <i>Especie</i>	11
6.3.2. <i>Variedad</i>	11
6.3.3. <i>Patrón</i>	12
6.3.4. <i>Diseño de la plantación</i>	12

6.3.5. Sistema de poda de formación	12
6.3.6. Poda de producción	13
6.3.7. Sistema de riego	13
6.3.8. Manejo del suelo	13
6.3.9. Manejo de herbicidas	13
6.3.10. Sistema de recolección	13
7. PLANTACIÓN Y PROCESO PRODUCTIVO	14
7.1. Plantación	14
7.2. Proceso productivo	15
7.2.1. Fertilización.....	15
7.2.2. Poda del almendro.....	16
7.2.3. Mantenimiento del suelo.....	16
7.2.4. Control de plagas y enfermedades	16
7.2.5. Recolección	17
7.2.6. Secado de la almendra	17
8. DISEÑO AGRONÓMICO	18
9. DISEÑO HIDRÁULICO	19
9.1. Cabezal de riego	19
9.2. Válvulas de lavado	20
9.3. Dimensionado de tuberías	20
10.SEPARACIÓN DEL ESTIERCOL PORCINO	21
11.ANALISIS ECONÓMICO.....	22
11.1. Análisis de rentabilidad	22
12.RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	24
13.BIBLIOGRAFÍA.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Referencias catastrales de las parcelas que integran la finca.	2
Tabla 2. Temperaturas mínimas de cada mes y periodos de heladas.	7
Tabla 3. Resumen de las clasificaciones climáticas utilizadas.	8
Tabla 4. Valores del análisis edafológico.	9
Tabla 5. Análisis del agua de riego.	10
Tabla 6. Comparativa clasificación de la agua según varias normas y autores.	10
Tabla 7. Necesidades mensuales de la explotación expresadas en L/ha.	15
Tabla 8. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc).	18
Tabla 9. Cálculo del tiempo de duración del riego.	18
Tabla 10. Resumen de la tuberías utilizadas en cada sector y los metros empleados.	20
Tabla 11. Ingresos totales de la explotación (Cosecha + PAC), en función del año.	22
Tabla 12. Balances económicos anuales de plantación	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conjunto de parcelas que forman la finca (Visor SigPac).	1
Figura 2. Acceso a la finca desde Monreal del campo (<i>Google Maps</i>).	2
Figura 3. Evolución de la producción de almendra en España (miles de toneladas) (6)	5
Figura 4. Climograma representativo de Monreal del Campo.	6
Figura 5. Representación gráfica de las temperaturas máximas, media y mínimas.	7
Figura 6. Sectores de riego y sus caudales.	19

1. OBJETIVO DEL PROYECTO

1.1. Naturaleza de la transformación

El proyecto pretende establecer una plantación de 23,3 ha de almendros en regadío en el término municipal de Monreal del Campo, provincia de Teruel.

Las variedades elegidas presentan una época de floración muy tardía para poder eludir las posibles heladas primaverales de la zona. El sistema de formación de los árboles va a ser el de formación libre, con un tutor que ejercerá como estructura de apoyo y guía en los primeros años de crecimiento del árbol. Se ha elegido este sistema de formación para optimizar las operaciones de mecanizado y reducir así, las intervenciones manuales a lo estrictamente necesario. De esta manera, se va a mecanizar tanto la poda como la recolección, salvo pequeñas intervenciones de poda manual cada cierto tiempo.

La plantación contará con un sistema de riego por goteo subterráneo que permitirá cubrir la demanda de agua en cada momento del año. Por otro lado, en una granja cercana, se instalará una planta de separación, que nos permitiría separar las dos fracciones del purín, para posteriormente poder aprovechar la fracción líquida fertirrigando nuestros almendros. Todo este proceso se detalla en los anejos 7 y 10. También se aprovechará una caseta de riego existente para albergar todos los equipos de riego y los depósitos de fertirrigación mineral.

1.2. Emplazamiento

Coordenadas de la finca:

- Latitud: 40°46'16.5" N
- Longitud: 1°24'17.7" W
- Altitud: 940 m

La finca, según el registro catastral, está formada por seis parcelas (Figura 1, Tabla 1). Si bien en el pasado pertenecieron a varios propietarios, en la actualidad son gestionadas por un solo propietario. Para llevar a cabo la plantación, se procederá a juntar estas parcelas, eliminando lindes y ribazos.



Figura 1. Conjunto de parcelas que forman la finca (Visor SigPac).

Tabla 1. Referencias catastrales de las parcelas que integran la finca.

Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	50	4,8756
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	5531	1,8505
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	5532	1,8503
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	52	2,5847
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	53	9,4039
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	54	2,7454
					TOTAL	23,31

Estas parcelas se encuentran a unos 7 kilómetros del núcleo urbano más cercano, Monreal del Campo. El acceso a la finca es a través de la carretera N-211, partiendo del casco urbano de Monreal del Campo, por la N-211 y en dirección oeste, se toma el tercer camino que sale a la derecha, quedando al margen izquierdo la plantación. Tras cruzar la carretera nacional a través de un puente, ese mismo camino lleva a la entrada de la finca. El trayecto dura aproximadamente 10 minutos (Figura 2).

**Figura 2.** Acceso a la finca desde Monreal del campo (Google Maps).

1.3. Antecedentes

1.3.1. Actividad actual de la parcela

En la actualidad, la finca se destina a la producción de cereales en secano. Es propiedad del promotor del proyecto y está explotada por él mismo. Percibe las ayudas de la PAC, estimadas en 100 €/ha, y el beneficio obtenido cada año por el rendimiento de cosecha, variable cada campaña. Para cumplir con el *greening* establecido por la PAC, el agricultor realiza una rotación con tres cultivos distintos, incluyendo una leguminosa como cultivo de interés ecológico.

Todos los cultivos se realizan mediante siembra convencional. Para cumplir con la rotación, como alternativa a los cultivos usados para obtener producción (cebada, triticale, centeno), se

practica el barbecho tradicional, dejando descansar la parcela una campaña. También es muy útil la siembra de avena para limpiar la parcela de malas hierbas, o la siembra de esparceta (beneficiosa debido a la fijación de nitrógeno al ser una leguminosa), teniendo la obligación de mantenerla en la parcela al menos 3 campañas.

1.3.2. Evaluación económica

Para evaluar la rentabilidad económica de la explotación en el sistema actual hay que analizar los ingresos obtenidos por la PAC y la cosecha obtenida y descontar los gastos a los que nos enfrentamos en la preparación de ésta.

Después de realizar los cálculos y estimaciones, se llega a la conclusión de que el beneficio obtenido por las 23,3 ha que forman la finca en una campaña de cultivo es de aproximadamente 1400 €, un valor muy bajo y que pone en peligro la rentabilidad de las pequeñas explotaciones.

1.4. Motivación

Se plantea el proyecto de la plantación de almendros con el fin de obtener una producción distinta a la tradicional en la zona, típicamente cerealista, de rentabilidad muy baja por los altos costes de mantenimiento y los bajos rendimientos. La transformación de la finca en una plantación de almendros, previsiblemente más rentable, supondría una ayuda económica al agricultor y una posibilidad de fijación de población en el entorno rural.

1.4.1. Objetivo del proyecto y alineación con los ODS

El objetivo general del proyecto es el diseño de una plantación de almendros como alternativa a los cultivos extensivos tradicionales de la zona.

Como objetivos específicos, se buscará un uso racional de los recursos hídricos (en línea con el objetivo 6 y, en concreto, con la meta 6.4); un modelo adecuado de fertilización (meta 12.4), creando una instalación para gestionar el estiércol porcino (separando su parte sólida de la líquida); y una eficiente gestión de plagas (meta 12.4 también), de forma que la explotación sea lo más respetuosa posible con el medio ambiente. También se establecerán las pautas para un correcto manejo de la misma y un análisis económico para comprobar su viabilidad. En lo que a diseño agronómico e hidráulico se refiere, se calcularán y dimensionarán las instalaciones de riego y se realizarán los planos necesarios para dar soporte y claridad a los cálculos y las elecciones realizadas.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE LA ALMENDRA

2.1. El cultivo del almendro: un cambio de paradigma

En apenas unos años, el almendro ha pasado de ser un cultivo marginal que se desarrollaba en los suelos pobres y áridos de los campos españoles a representar una producción alternativa a las tradicionales de fruta, cereales o cítricos. Este cambio en el manejo del cultivo ha provocado que en la actualidad el almendro ofrezca una rentabilidad un 10-15 % superior a los cereales o al olivo para una misma finca. Paralelamente, el consumo de almendra ha aumentado notablemente, pues la demanda mundial ha crecido a un ritmo del 5 % anual (1).

En España, a la coyuntura internacional favorable se han unido otros factores, como el impulso de nuevas variedades de floración tardía (meses de marzo y abril), apenas expuestas a las heladas primaverales, autofértiles (menos expuestas a las condiciones climáticas durante la floración), y la introducción del cultivo en regadío.

Desde hace poco menos de una década, se ha comenzado a analizar el comportamiento de plantaciones de almendro de muy alta densidad o superintensivas (con más de 2.000 árboles/ha).

Los estudios realizados hasta la fecha apuntan a que el sistema SHD tiene costes de producción de entre 0,70 y 1,10 €/kg de pepita (2), gracias a la mecanización de la poda y la recolección, y a la eficiencia en el uso del agua, nutrientes y fitosanitarios (3), mientras que los costes de producción con sistemas convencionales serían de 2,9-3 €/kg de pepita (4) .

2.2. Situación internacional

La producción mundial de almendra se concentra en un pequeño grupo de países, integrado por Estados Unidos, Australia y España, siendo California la principal zona productora del mundo. No obstante, en cuanto a área de cultivo se refiere, la Unión Europea concentra el 39 % de la superficie mundial de almendro, localizándose en España el 84 % de esta y casi un tercio de la superficie mundial (5).

2.3. Situación nacional

Como se ha indicado anteriormente, España es líder a nivel mundial en cuanto a superficie dedicada a este cultivo: la superficie mundial asciende a más de 1.600.000 ha, encontrándose más de 600.000 ha dentro de la Unión Europea y, concretamente, en España, más de 500.000 ha. Sin embargo, la mayoría de las plantaciones están desarrolladas según los métodos tradicionales de cultivo, por lo que los rendimientos son bajos.

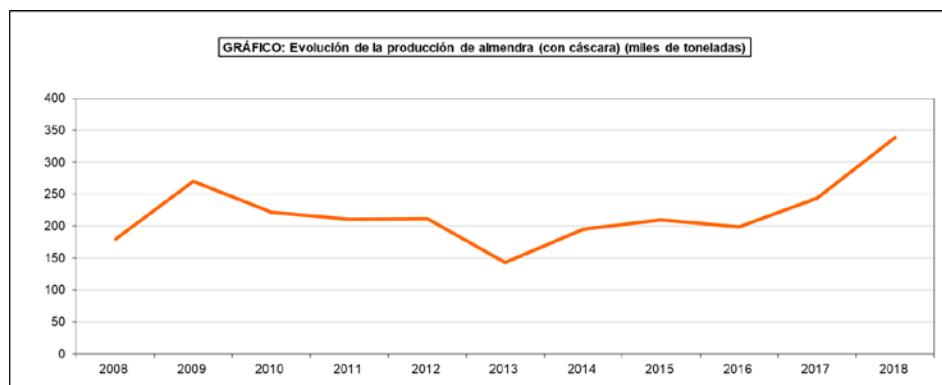


Figura 3. Evolución de la producción de almendra en España (miles de toneladas) (6)

2.4. Situación regional

Tradicionalmente, en Aragón, el cultivo de la almendra ha jugado un papel importante, debido a que es un árbol que se adapta muy bien a las condiciones climatológicas de la zona. Las producciones medias de Aragón han ido mejorando, debido al aumento de plantaciones de diseño moderno, en alta densidad, bajo condiciones de riego y con unas técnicas de manejo adecuadas.

En Teruel, zona donde se va a realizar la plantación, es un modelo productivo poco extendido, si observamos el número de hectáreas de regadío actuales. Esto viene marcado por la escasez de variedades adaptadas a producir en estas condiciones de heladas primaverales. Sin embargo, en la actualidad y gracias a los programas de mejora vegetal, se han conseguido variedades de floración extra-tardía capaces de producir en estos climas tan rigurosos, por lo que se amplía así la superficie productiva de este cultivo.

2.5. Comercialización

A día de hoy, parece ser que se dan las condiciones idóneas para el inicio de nuevas plantaciones de almendro. En los próximos años la almendra seguirá teniendo un precio elevado y, aunque este se vaya reduciendo en los años posteriores, aún quedará margen de beneficios, previsiblemente durante toda la vida útil de la explotación (ya que al tratarse de un sistema super-intensivo se entra en producción antes, aunque se acorte la vida útil, y se aprovecharían mejor los altos precios actuales).

3. ESTUDIO CLIMÁTICO

Los datos se han obtenido de la estación meteorológica que la Oficina del Regante (SARGA) tiene ubicada en la misma localidad en la que se enmarca el proyecto. Corresponden al periodo 2006-2019, y se dispone de registros de temperatura, precipitación, humedad y evapotranspiración, entre otros. En el caso de los riegos de granizo y nieve, se han extraído los datos de los mapas elaborados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Con el análisis de estos datos se pretende valorar la aptitud del clima de la zona de plantación para el desarrollo del almendro y la correcta producción de la almendra según los factores climatológicos.

La zona presenta un clima submediterráneo continental frío, en el que la temperatura es una de sus cualidades climáticas más representativas: los inviernos son duros y fríos, y sobre todo muy largos. En el valle del Jiloca las precipitaciones siempre han sido escasas. El promedio anual de la zona rara vez supera los 350 mm/anuales en la depresión del Jiloca, siendo considerada una de las zonas más áridas de España. En la Figura 4 podemos ver el climograma representativo de la localidad.

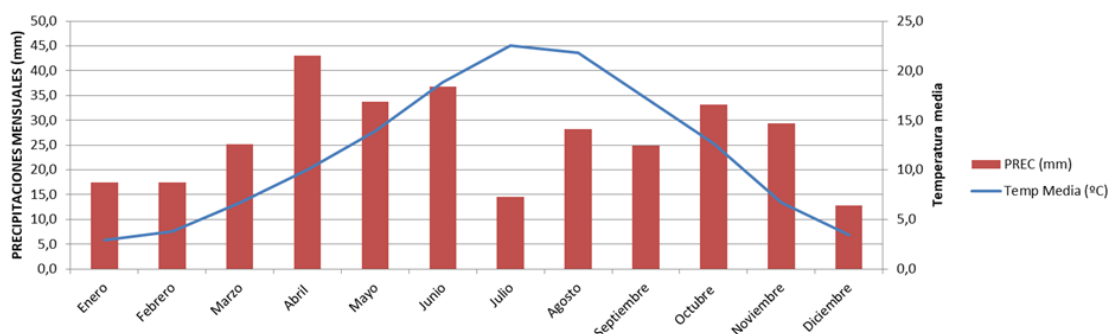


Figura 4. Climograma representativo de Monreal del Campo.

3.1. Temperaturas

La temperatura es uno de los factores más importantes en el momento de plantear una plantación de almendros. Las bajas temperaturas crean problemas durante el periodo vegetativo, para luchar contra ellas, se elegirán variedades con un periodo de floración más tardío, evitando así las heladas de mayor intensidad y sabiendas, que habrá campañas donde perderemos parte de la producción por este agente meteorológico.

En la Figura 5 podemos ver representadas las temperaturas máximas, medias y mínimas anuales.

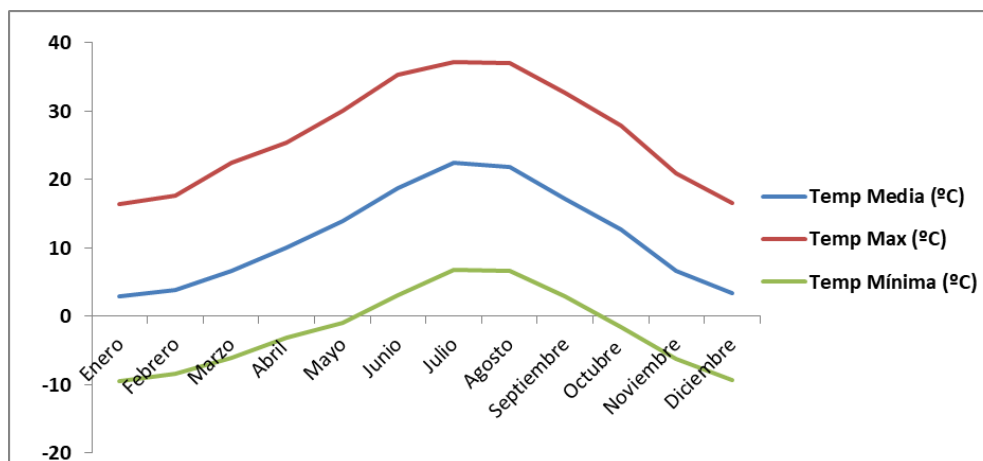


Figura 5. Representación gráfica de las temperaturas máximas, media y mínimas.

3.1.1. Temperaturas invernales y horas de frío

La zona de estudio soporta bastantes horas de frío a lo largo del año, llegando a acumularse entre 2300 y 3000 horas de frío con una temperatura umbral de 7 °C. Concretamente, tiene en promedio en torno a 2700 horas frío (umbral 7 °C) (7).

Tabla 2. Temperaturas mínimas de cada mes y periodos de heladas.

MES	Temp. mínima (°C)	Periodo de heladas		
			Año medio	Año extremo
Enero	-9,4			
Febrero	-8,4	Primera helada	20/10	28/09
Marzo	-6,0	Ultima helada	10/05	12/06
Abril	-3,0	Periodo de heladas	202 (días)	257 (días)
Mayo	-1,0	Periodo sin heladas	163 (días)	108 (días)
Junio	3,1			
Julio	6,8			
Agosto	6,6			
Septiembre	3,0			
Octubre	-1,5			
Noviembre	-6,2			
Diciembre	-9,3			
Media Anual	-2,1			

3.2. Otros factores climáticos

3.2.1. Insolación

Es un factor climático de importancia, ya que tanto su ausencia como su exceso son perjudiciales. Si hay una insolación deficiente en la superficie del árbol, este no se desarrolla correctamente, mientras que si en épocas de altas temperaturas (verano) la insolación es excesiva puede causar daños (como quemaduras en las hojas y el fruto). La zona se encuentra sobre la latitud 40° N y acumula 2600 horas de sol a lo largo del año.

3.2.2. Viento

Los vientos dominantes de la zona son los de componente oeste y noroeste. Por lo tanto, se diseñará la plantación de tal forma que estos no supongan un problema y a su vez garanticen una correcta aireación de las copas de los árboles y de la superficie del suelo.

3.2.3. Nieve

La nieve es un excelente aporte de agua para la parcela, ya que permanece en el suelo varios días, de forma que queda disponible para el árbol gradualmente cuando suben las temperaturas. Por lo tanto, se considera un factor beneficioso, debido a que aporta humedad al terreno y mitiga los fríos intensos, evitando congelaciones de las primeras capas del suelo. En la zona son comunes las nevadas invernales, y en ocasiones primaverales, debido a la altitud (cercana a los 1000 msnm). Tenemos una media de 10 a 15 días de nevada anuales.

3.2.4. Granizo

Este fenómeno meteorológico suele desarrollarse durante los meses de calor, durante la primavera y el verano, y es de carácter muy localizado.

En la zona es común que se produzcan granizadas, pero suelen ser débiles. Este tipo de acontecimientos causa daños a los árboles y produce grandes pérdidas económicas por la caída del fruto al suelo. Si la tormenta es fuerte y produce lesiones en los árboles, facilitará la entrada de patógenos a través de las heridas causadas. En la zona de la plantación tenemos de 3 a 5 días con riesgo de granizo.

3.3. Resumen de los índices termopluviométricos

Estos índices permiten hacer una clasificación del clima de un año medio en una zona concreta a partir de la interpretación de los valores obtenidos de las tablas características de cada índice (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen de las clasificaciones climáticas utilizadas.

Índice de Lang	
(20<IL<40)	Zona árida
Índice de Martonne	
(10<IM<20)	Región de estepas y países secos mediterráneos
Índice de Dantín-Cereceda y Revenga	
(3-6)	Zona árida
Índice de Emberger	
(30-50)	Clima semiárido
Clasificación climática de Köppen	
Tipo de clima	Templado y húmedo
Subgrupos climáticos	s (estación seca en verano)
Temperaturas	a (Tmed mes más cálido > 22 °C)
Clima templado y húmedo (Csa)	
Clasificación bioclimática UNESCO-FAO	
Características térmicas	Grupo 1 (templado-medio)
Aridez	Mediterráneo
Índice xerotérmico	Monoxérico
Clima monoxérico mediterráneo	
Clasificación agroclimática de Papadakis	
Rigor del invierno	Zona de Avena
Calor en verano	Zona Maíz-Arroz
Clases térmicas	Templado fresco
Caracterización hídrica	Mediterráneo seco

Se llega a la conclusión de que, desde el punto de vista climático, el almendro es un cultivo viable para la zona estudiada, siempre y cuando se elijan variedades de floración tardía-extra tardía para evitar el riesgo de heladas durante la floración (muy comunes en el lugar) y se dote a la plantación de un sistema de riego adecuado que permita garantizar una producción abundante y de calidad.

4. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

En la Tabla 4. Valores del análisis edafológico, se pueden observar los resultados de los valores analizados en el análisis edafológico.

Tabla 4. Valores del análisis edafológico.

Parámetros	RESULTADO	Uds.	V.P.(1)	Incertidumbre (2)	Método de ensayo
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS					
<i>pH soluble en agua (1:2,5)</i>	8,10 - Apto	uds.pH s.m.s.			ME-56
<i>Conductividad electrica 25°C(1:5)</i>	0,217 - Apto	mS/cm s.m.s.			ME-57
<i>Materia organica oxidable</i>	2,38 - Apto	% s.m.s			ME-64
<i>Nitrogeno total</i>	0,11 - Apto	% s.m.s			ME-59
<i>Relacion Carbono/Nitrogeno</i>	13 - Apto	s.m.s.			ME-65
<i>Carbonatos</i>	19,22 - Apto	% s.m.s			ME-62
<i>Caliza activa</i>	4,84 - Apto	% s.m.s.			ME-63
<i>Fosforo Olsen (P2O5)</i>	95,35 - Alto -*PC	mg/kg P2O5 s.m.s			ME-61
<i>Calcio (CaO) extraible en acetato amonico</i>	1,31 - Alto -*PC	% s.m.s.			ME-68
<i>Magnesio (MgO) extraible en acetato amonico</i>	0,02 - Apto	% s.m.s.			ME-69
<i>Potasio (K2O) extraible en acetato amonico</i>	0,04 - Apto	% s.m.s.			ME-70
<i>Arena</i>	35,07	% s.m.s.			ME-58
<i>Limo</i>	29,97	% s.m.s.			ME-58
<i>Arcilla</i>	34,96	% s.m.s.			ME-58
<i>Textura y clasificacion USDA</i>	Franco arcilloso - Apto	s.m.s.			ME-58

Tras la elaboración de la calicata, se concluye que se trata de un suelo en apto para ser cultivado. Se encontraría un poco limitado por el horizonte Bkm1, es decir, por unas capas de rocas calizas no compactadas, que serán fraccionadas con varias pasadas cruzadas de subsolador (cuando comencemos a preparar la parcela) para que no resulten un problema para el desarrollo radicular del almendro. Respecto a la fertilidad, podríamos decir que es media, en relación con las tierras de alrededor.

El suelo presenta unas características físicas adecuadas para el cultivo del almendro, ya que tiene una profundidad adecuada para su desarrollo radicular, la estructura presenta pedregosidad, lo que también es favorable, favoreciendo la permeabilidad. La textura es franco arcillosa, considerada idónea, y no se esperan problemas de asfixia radicular.

Los valores de alcalinidad y caliza activa son correctos, por lo que no se van a producir problemas de alcalinidad en el cultivo del almendro. Al tratarse de una especie calcícola, no tendremos la necesidad de una aplicación de fertilizantes con calcio para cubrir sus necesidades porque es un nutriente que abunda en el suelo y está disponible para el árbol. Se trata de un suelo no salino, por lo que tampoco se producirán problemas en este aspecto.

5. ESTUDIO CALIDAD DEL AGUA

Tabla 5. Análisis del agua de riego.

Parámetro	Resultado	Método de análisis	Valor legislado
Olor	No se aprecia		
Sabor	No se aprecia		
Turbidez	4,50 U.N.F.	Turbidimetría	5 U.N.F
Color	10,2 mgPtoCo/L	Espectrofotometría UV-Vis	15 mgPtoCo/L
CE	715 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Conductimetría	3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
pH	7,14 U pH	Potenciometría	6-8,5 U pH
Amonio (NH_4)	<0,150 mg/l	Espectrofotometría UV-Vis	0-5 mg/L
Bacterias Coliformes	0 u.f.c/100ml	Filtración	0 u.f.c/100ml
Cloruros (Cl^-)	20 mg/l	Espectrofotometría UV-Vis	0-30 mg/L
Bicarbonatos (HCO_3^-)	3,08 meq/l	Valoración ácido-base	0-10meq/L
Alcalinidad (CaCO_3)	258 mg/L	Valoración ácido-base	50 a 200 mg/L CaCO_3
Nitratos (NO_3^-)	11.41 mg/l	Cromatografía iónica	Hasta 50 mg/L
Sulfatos (SO_4^-)	121 mg/L	Cromatografía iónica	500 mg/L
Dureza (CaCO_3)	200 ppm	Valoración complejo métrica	Agua dura (200 ppm)
Ca^{2+}	4,89 meq/L	Espectroscopia por Absorción Atómica (EAA)	0-20 meq/L
Mg^{2+}	4,17/L	Espectroscopia por Absorción Atómica (EAA)	12 meq/L
Na^+	0, 84 meq/L	Espectroscopia de absorción atómica	Hasta 5 meq/L
K^+	1,739 mg/L	Espectroscopia de absorción atómica	0-2 mg/L

Analizando los resultados obtenidos, nos encontramos con un agua que no es apta para consumo humano según los valores legislados, pero sí que es aprovechable para su uso como agua de riego.

5.1. pH

El pH del agua es el que determina su acidez y sirve para detectar posibles contaminantes presentes en esta. El intervalo óptimo de pH para el agua de riego se suele encontrar entre 6,5 y 8. En el caso del agua empleada para el riego del proyecto, se obtiene un pH (7,14), lo que está dentro del rango deseado.

5.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para dejar pasar libremente la corriente eléctrica. En el caso del agua empleada en la finca, tiene un valor de 715 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C, lo que se considera un valor medio.

5.3. Normas para la clasificación del agua

Tabla 6. Comparativa clasificación del agua según varias normas y autores.

Método	H. Greene (FAO)	Riverside	Wilcox
Valoración	Agua de buena calidad	Agua de buena calidad	Excelente-Buena calidad

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

6.1. Identificación de alternativas

El objeto es establecer todas las alternativas posibles para la ejecución del proyecto. Para su estudio se consideran las siguientes alternativas:

- Especie
- Variedad
- Patrón
- Diseño de la plantación
- Técnicas de cultivo

6.2. Restricciones impuestas

El condicionante más importante es el determinado por la climatología de la zona, debiéndose desechar aquellos cultivos y/o variedades que florezcan antes del mes de abril para evitar daños por heladas primaverales.

El suelo y el agua de riego son de una calidad adecuada, por lo que con un apropiado manejo no va a plantear restricciones importantes para la elección de las alternativas.

También se va a tener en cuenta el condicionante económico, ya que es objeto del promotor obtener el máximo beneficio económico, respetando unas normas medioambientales y de calidad y seguridad alimentaria. Se considera que el alto precio al que cotiza la almendra y el fácil manejo para su producción y conservación, son unos factores económicos de gran relevancia que justifican la puesta en marcha del proyecto.

6.3. Evaluación de alternativas

La elección de cada una de las alternativas se realiza mediante un análisis multicriterio de cada una de las planteadas y en función de una serie de parámetros, como se puede ver en el Anejo 6. Estudio de alternativas estratégicas.

6.3.1. *Especie*

La especie frutal que se va a emplear en la plantación va a ser el almendro debido a que se adapta perfectamente a las características edafoclimáticas de la finca objeto del proyecto. Como bien se ha citado anteriormente, será indispensable elegir variedades de floración extra-tardía y bajo un sistema de riego, capaz de abastecer las necesidades hídricas del árbol a lo largo del año. Además, la alta rentabilidad del cultivo en la actualidad, hacen de esta alternativa una de las más interesantes del mercado.

6.3.2. *Variedad*

En la plantación se van a establecer dos variedades distintas que permitirán ampliar la variabilidad de la oferta al mercado, lo que reducirá los riesgos, otorgando una mayor estabilidad económica a la explotación. Además, con más de una variedad se facilita el calendario de labores en la plantación.

Las dos variedades a elegir son aquellas que han presentado una mayor puntuación en el análisis multicriterio. En este caso, se va a cultivar como primera variedad *Vialfás*, que ha obtenido 50 puntos y como segunda variedad, *Lauranne*, con 51 puntos. Ambas variedades presentan

unas características muy atractivas para ser cultivadas en la zona de ubicación del proyecto, y podrán garantizar la rentabilidad de la inversión.

6.3.3. Patrón

El patrón más adecuado, para la plantación superintensiva que se desea implantar en el municipio de Monreal del Campo, es el *Rootpac-20*, pues ha sido el que mayor puntuación ha obtenido en el análisis multicriterio. El patrón, presenta una buena adaptabilidad a climas fríos como en la zona que lo vamos a establecer.

En cuanto a los factores agronómicos, presenta los deseables para una plantación de elevada densidad, ya que le otorga al árbol un vigor débil, es altamente productivo, afín a la variedad y da una buena homogeneidad a la plantación, lo que es muy favorable para el alto grado de mecanización que la plantación exige.

6.3.4. Diseño de la plantación

6.3.4.1. Disposición de plantación

La disposición rectangular o en líneas es la más recomendable para una plantación de muy alta densidad con un alto nivel de mecanización. Esta disposición permite maximizar la ocupación del terreno, a la vez que se permite un paso adecuado con la maquinaria y se favorece la realización de tratamientos y labores sobre los árboles, ya que forman un seto continuo.

6.3.4.2. Densidad y marco de plantación

La alternativa más conveniente, en este caso, es la plantación superintensiva, ya que, al incrementar la densidad, aumenta la capacidad de producción, al tiempo que se reducen los gastos de mano de obra, lo que económicamente se traduce en una disminución de los gastos y en un aumento de la rentabilidad de la plantación.

El marco de plantación va a ser aquel que permita un espacio en las calles adecuado para el paso de la maquinaria y suficiente para garantizar una adecuada iluminación sobre los árboles. Se considera que un marco de (3,5 m x 1,25 m) puede ser adecuado, ya que garantiza una alta densidad, superior a 2.300 árboles/hectárea, sin perjudicar el paso de maquinaria ni la iluminación de los árboles.

6.3.4.3. Orientación de las filas

Se decide que la orientación más adecuada es la que se corresponde con la parte más larga de la parcela, es decir, la orientación NNE-SSO, ya que garantiza una adecuada iluminación, a la vez que se optimiza el espacio y la ejecución de las labores.

6.3.5. Sistema de poda de formación

La alternativa con una mayor puntuación es la de formación libre, ya que es un sistema de poda de formación perfectamente adaptado a plantaciones de elevada densidad y reducido vigor, permite una rápida entrada en producción, a la vez que facilita el manejo del cultivo. Se trata de un sistema de formación libre, por lo que apenas se precisa de poda manual. Basta con realizar podas mecánicas para contener el crecimiento del árbol, reduciendo la anchura y altura del seto para mejorar la iluminación y facilitar la recolección.

6.3.6. Poda de producción

La alternativa elegida en nuestro caso para el sistema de formación libre, utilizaremos la poda mínima en verde para ir rebajando crecimiento de los lados y de altura y mantener el volumen dentro de unas dimensiones de la maquina cabalgante. Con la poda debe regularse la anchura de este seto de vegetación hasta una distancia no superior a los 35 cm a cada uno de los lados del eje del almendro, manteniendo la anchura de 70 cm. La limpieza del tronco debe ser de 50 cm para que puedan trabajar las maquinas cabalgantes. Todos estos conceptos se complementan con la utilización del portainjerto *Rootpac-20*, que nos proporciona poco vigor, generando un seto muy equilibrado con poca tendencia a crecimientos vigorosos, pero con una gran capacidad de producción.

6.3.7. Sistema de riego

La alternativa elegida es el riego por goteo subterráneo (RGS), que tiene una alta eficiencia y permite una distribución uniforme del agua. Además, facilita la programación del riego, reduciendo las necesidades de mano de obra, a la vez que permite ajustar los calendarios de riego de manera óptima. El RGS, permite también el uso de sistemas de fertirrigación, lo que aumenta la eficiencia de los fertilizantes, al ir disueltos en el agua de riego, permitiendo una asimilación inmediata por parte de la planta. Finalmente, este sistema permite un mayor control sobre las malas hierbas, ya que únicamente se humedece terreno subterráneo, por lo que las semillas de malas hierbas más superficiales tienen más dificultades para germinar.

6.3.8. Manejo del suelo

La alternativa elegida es la técnica mixta cubierta vegetal-herbicida. La combinación de cubierta vegetal en las calles y aplicación de herbicida en las líneas permite un fácil, rápido y económico mantenimiento del suelo, a la vez que facilita el paso de maquinaria, reduciéndose el riesgo de atasques cuando el suelo se encuentre con una humedad excesiva. La cubierta vegetal es capaz de soportar el paso de la maquinaria con una menor tasa de compactación del suelo que en los sistemas de laboreo, lo cual resulta muy interesante en una plantación de estas características.

6.3.9. Manejo de herbicidas

La alternativa elegida depende del estado de desarrollo de nuestros árboles, en el primer y segundo año de establecimiento de la plantación, debemos tener mucho cuidado con las aplicaciones de herbicidas y exclusivamente utilizar herbicidas de contacto o preemergencia, para no dañar los árboles, ya que un herbicida sistémico se aplica sobre la planta, se absorbe y puede afectar a partes del árbol que no han entrado en contacto directo con el producto. Los años siguientes utilizaremos herbicidas de post-emergencia o secantes. Aprovechando los estadios más tempranos de las malas hierbas, cuando con poca dosis de producto será suficiente para eliminarlas. Además, se combinarán herbicidas selectivos y totales en función de las malas hierbas existentes (anuales y perennes).

6.3.10. Sistema de recolección

El sistema de recolección elegido es mediante máquina cosechadora integral (vendimiadora), ya que debido al reducido marco de plantación sería imposible la recolección con cualquier otro método mecánico. Además, es el sistema de recolección más económico, dado que minimiza las necesidades de mano de obra y obtiene un elevado rendimiento de recolección, y evita el contacto del fruto con el suelo durante la recolección, por lo que no deprecia su calidad.

7. PLANTACIÓN Y PROCESO PRODUCTIVO

7.1. Plantación

El suelo de la parcela donde se pretende ubicar el proyecto, presenta un perfil bastante homogéneo en profundidad, por lo que se va a realizar una labor de subsolada que, a su vez, va a permitir la incorporación de las enmiendas orgánicas de estiércol de ovino bien hecho que se van a aplicar previamente, a razón de unas 60 t/ha en total. Esta labor se va a ejecutar durante el otoño, ya que el terreno se va a encontrar en unas condiciones de humedad adecuadas. Además, al quedar el terreno expuesto a las heladas invernales, se va a facilitar la disgregación de los terrones.

Posteriormente a la operación de subsolado se realizarán una serie de labores complementarias a base de cultivador, que permitirán un afinamiento y nivelación del terreno.

Previamente a la plantación física de los árboles, se ha de solicitar al vivero con suficiente antelación la combinación variedad-patrón deseada, para que disponga el conjunto de árboles deseados: 26.795 árboles de la variedad *Lauranne* y 26.795 de la variedad *Vialfás*, ambos injertados sobre un patrón *Rootpac-20*.

Antes de la plantación se van a tener preparadas las tuberías principales y secundarias del sistema de riego, para poder complementar el riego de plantación lo antes posible.

La labor de plantación la va a realizar una empresa de servicios mediante plantadoras automáticas guiadas por GPS con señal RTK, con el objeto de garantizar una máxima precisión en los marcos de plantación. Para ello, se debe ajustar la plantadora para cumplir con el marco deseado (3,5 x 1,25). El promotor se encargará de llevar los árboles a la finca mediante un tractor con remolque.

Una vez establecida la plantación y colocados los ramales portagoteros, se realizará un riego complementario al de plantación y, posteriormente, una revisión general de la colocación de los árboles.

La reposición de marras se realizará a final de agosto principios de septiembre. Debido a que los árboles vienen con un pequeño cepellón, se espera una baja tasa de reposición de marras (1 %).

En esta fase, es imprescindible evitar la pérdida de árboles y asegurar el correcto desarrollo de estos. El objetivo principal durante este proceso es conseguir preparar el terreno con unas condiciones que permitan un adecuado desarrollo del sistema radicular de este. Dado que nuestra parcela ha permanecido dedicada al cultivo en extensivo, será clave realizar labores de fondo que permitan descompactar los primeros horizontes del suelo. Así mismo, también se procederá a realizar un despedregado para retirar las piedras presentes en superficie con el fin de obtener un terreno lo más limpio y uniforme posible que nos permita un mejor desarrollo de ciertas actividades en el futuro.

7.2. Proceso productivo

7.2.1. Fertilización

El plan de fertilización que se va a diseñar para la parcela en proyecto, va a consistir en una fertilización mixta entre abono mineral y abono orgánico, en este caso estiércol de cerdo, que incrementara el nivel de materia orgánica del suelo, mejorara la fertilidad del suelo y aumentara la CIC y la concentración de elementos minerales. Con este abonado mixto se busca conseguir un aporte de nutrientes lo más completo posible y garantizará las necesidades minerales del cultivo para la producción esperada. En nuestro caso, el promotor se encarga de la gestión del purín en una explotación porcina de cebo que cuenta con 6500 plazas.

Las necesidades nutritivas de los árboles estarán cubiertas durante los primeros dos años con los nutrientes presentes en el suelo y los procedentes de la enmienda orgánica realizada antes de la plantación. A partir del tercer año se seguirá un programa de fertirrigación mixto combinando fertilizantes minerales y la fracción líquida del purín.

A continuación, en la Tabla 7, se muestran las aportaciones mensuales de cada fertilizante (expresadas en l/ha).

Tabla 7. Necesidades mensuales de la explotación expresadas en l/ha.

Año	Fertilizante	Total (L/ha)	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
			Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	N-32	25,4	2,4	-	-	-	12,5	10,5
	P-52	39	5	5	7	9	5	8
	K-32	48	-	-	27,1	20,9	-	-
	Purín	19.700	2.300	2700	5.500	6.400	1.200	1.600
4	N32	58,8	5,5	7,1	-	-	22	24,2
	P52	73	12	13	20	21	4	3
	K32	46	-	-	23	23	-	-
	Purín	55.900	6.250	6.250	18.600	18.600	3.100	3.100
5 y siguientes	N32	113,5	8,4	8,4	-	-	48,3	48,3
	P52	84	14	15	23	23	4	5
	K32	46	-	-	23	23	-	-
	Purín	63.600	7.000	7.000	21.300	21.300	3.500	3.500

La aplicación de los fertilizantes se va a realizar mediante fertirrigación, suministrando los abonos disueltos en el agua de riego. De esta manera, la planta recibe los nutrientes directamente en la raíz, lo que permite un aprovechamiento más rápido, sin la necesidad de que pase un tiempo para disolverse, como ocurre con los fertilizantes sólidos tradicionales y eliminando una labor necesaria para incorporarlos. Para llevar a cabo la fertirrigación, se precisa de un sistema de riego que garantice una alta uniformidad en la distribución. Además, permite un ahorro de fertilizante, ya que únicamente se aplica en el bulbo húmedo, que es el volumen de tierra explorado por las raíces del árbol.

Periódicamente, además de la fertilización mineral y la parte líquida del purín se realizarán aplicaciones de la parte sólida del purín con el objetivo mantener el nivel de materia orgánica del suelo. Se aplicarán gracias a un esparcidor de estiércol localizado.

7.2.2. Poda del almendro

Nuestro objetivo final es, una vez acabada la formación del seto, normalmente después de 3 hojas o campañas, las dimensiones finales deben ser 2,6-2,8 m de altura por 0,75 m de anchura. Estos valores se fijan procurando no dejar zonas oscuras en el seto, creando un seto súper eficiente, capaz de albergar flores en prácticamente todos los ramos al desarrollar plenamente la fotosíntesis, y con suficiente iluminación como para tener la mejor inducción floral. Además, se deberá tener especial cuidado en dejar los 50 cm inferiores del tronco limpios para favorecer el trabajo de recolección de las máquinas cabalgantes. Todos estos conceptos se complementan con la utilización del portainjerto *Rootpac-20*.

7.2.3. Mantenimiento del suelo

El sistema de mantenimiento del suelo de la plantación va a ser mixto, tanto en el espacio como en el tiempo. En el tiempo porque el primer año se va a realizar un manejo distinto a los sucesivos y en el espacio porque se van a aplicar dos técnicas diferentes en zonas diferenciadas de la plantación. El primer año se va a realizar laboreo en las calles, aplicando herbicida en las líneas de cultivo. El resto de los años se va a implantar una cubierta vegetal en las calles, la especie elegida para la cubierta vegetal es la esparceta o pipirigallo (*Onobrychis viciifolia*) y en las líneas de árboles se realizará un control químico mediante herbicida de la vegetación adventicia en las líneas de cultivo.

El tratamiento herbicida de las líneas de los árboles y la siega mecánica de las calles de cultivo se realizarán entre dos y tres veces al año. Para el tratamiento herbicida se dispondrá de un pulverizador hidráulico dotado de dos barras laterales, permitiendo así un tratamiento simultáneo de las dos líneas de árboles. Las boquillas estarán protegidas por una campana que evitará que el tratamiento herbicida entre en contacto con la copa de los árboles. Para la siega mecánica se empleará una segadora de 2,70 m.

7.2.4. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades debe ser lo más respetuoso posible con el medio ambiente, por lo que se realizarán los tratamientos en el momento más crítico, es decir, se debe determinar el momento más oportuno de tratamiento de una plaga o enfermedad, así como el producto más efectivo y menos dañino para el medio ambiente, siempre que sea posible. Para su control seguiremos la guía de Gestión Integrada de Plagas (GIP). En el Anejo 7, se puede ver una relación de las plagas y enfermedades más frecuentes del almendro y su forma de control. Nos encontramos en una zona con una humedad ambiental baja debido a las escasas precipitaciones anuales, el tipo de riego propuesto, riego por goteo subterráneo nos ayudara a mantener una humedad ambiental baja. Por lo tanto, no favorecerá el desarrollo de enfermedades de carácter fúngico. Por otro lado, si hablamos de temperaturas, las bajas temperaturas nos ayudaran a controlar las principales plagas que atacan al almendro.

La aplicación de los productos fitosanitarios se realizará mediante un pulverizador hidroneumático arrastrado de 2000 L de capacidad. Destacar el tratamiento postcosecha debido a su gran trascendencia. Es muy importante realizar un buen tratamiento preventivo después de la recolección y antes de que se caiga la hoja favorecerá que el año siguiente el árbol presente un estado sanitario correcto.

7.2.5. Recolección

La recolección comienza cuando la almendra está totalmente seca y el mesocarpio comienza a abrirse. Para ello, se va a realizar una recolección en continuo totalmente mecanizada, la maquinaria que se va a emplear para la recolección va a ser una cosechadora cabalgante adaptada para la recolección de la almendra. Estas máquinas cuentan con una eficiencia de recolección muy elevada, ya que garantizan una recolección de los frutos del 95%.

La recolección se iniciará en la tercera semana del mes de septiembre, comenzándose por la variedad *Lauranne* y acto seguido por la *Vialfás*. Para el comienzo de la recolección se debe comprobar que los frutos estén totalmente secos y que el mesocarpio se desprenda con facilidad, para simplificar las operaciones posteriores de limpieza.

El transporte de la producción a la planta de transformación y distribución, se va a realizar con camiones inmediatamente después de la cosecha.

7.2.6. Secado de la almendra

La humedad de la almendra en el momento de la recolección depende del grado de madurez fisiológica que tenga y de las condiciones climatológicas que se den en ese momento, pudiendo llegar a superar el 20 %. Para evitar problemas y deterioros en su almacenamiento, la humedad deberá rebajarse a valores entorno al 6 %. El secado de la almendra se hace de forma tradicional extendiéndola sobre superficies secas y aireadas, con un grosor que no debe superar los 10-20 cm. En nuestro caso el promotor dispone de una solera de hormigón de 1000 m², donde poder extender la cosecha de manera temporal.

Por otra parte, la cooperativa dispone de un secadero mecánico, que tiene un precio elevado y solamente es rentable para grandes plantaciones, con las premisas de buena cosecha y precio de venta constante.

8. DISEÑO AGRONÓMICO

Para dimensionar de una manera correcta el sistema de riego por goteo subterráneo, es preciso conocer las necesidades de agua del cultivo y de la plantación, por lo que calcularemos la evapotranspiración máxima del cultivo (Tabla 8).

Tabla 8. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc).

MES	ET _o (mm)	K _c	ET _c (mm)
Enero	38,7	0	0
Febrero	55,8	0	0
Marzo	85,2	0,5	42,6
Abril	104,7	0,7	73,29
Mayo	137,7	0,85	117
Junio	163,8	0,9	147,4
Julio	186,3	0,9	167,7
Agosto	171,9	0,9	154,71
Septiembre	117	0,8	93,6
Octubre	77,4	0,75	58,05
Noviembre	51,6	0,65	33,54
Diciembre	34,8	0	0

Debido a que las plantaciones superintensivas se manejan como un muro frutal, se va a colocar un gotero de caudal de 2 l/h cada 0,6 m, por lo que, numéricamente, le corresponderán 2 goteros a cada árbol. En los planos se especifican los detalles del sistema de riego. A continuación, se expone la Tabla 9, donde se calcula el tiempo de riego necesario para cubrir las necesidades del árbol, entre otras necesidades.

Tabla 9. Cálculo del tiempo de duración del riego.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Necesidades netas N _n (mm)	16,75	28,82	46,02	57,97	65,96	60,85	36,81	22,83	13,19
Aportes reales N _t (mm)	24	41,29	65,93	83,05	94,49	87,13	52,74	32,71	18,89
Aporte real (l/almendro y mes)	105,12	180,85	288,77	363,76	413,86	381,63	231	143,27	82,74
Aporte real (l/almendro y día)	3,39	6,02	9,32	12,13	13,35	12,3	7,7	4,62	2,76
Aporte (m ³ /ha y mes)	241,78	415,96	664,17	836,65	951,88	877,75	531,3	329,52	190,3
Aporte (m ³ /ha y día)	7,8	13,87	21,42	27,89	30,70	28,31	17,7	10,63	6,34
Caudal riego (mm/h)	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,960	0,96	0,96	0,96
Tiempo de riego (h/mes)	36,54	62,89	100,42	126,5	143,93	132,78	80,32	49,80	28,78
Tiempo de riego (h/día)	1,18	2,10	3,24	1,93	4,64	4,28	2,59	1,66	0,92

El periodo de actividad vegetativa para las variedades de almendro *Vialfás* y *Lauranne*, en la provincia de Teruel (concretamente en la zona de Monreal del Campo), comienza a partir del mes de marzo y finaliza justo durante la caída de la hoja, en el mes de noviembre. El calendario de riegos comenzará el día 15 marzo y cesará el 15 de noviembre.

Las necesidades hídricas irán en función de la producción y tamaño del árbol, por lo que el primer año serán del 25% de las necesidades totales, el segundo del 50%, el tercero del 75%, el 4º año del 90% y a partir del 5º, del 100%.

9. DISEÑO HIDRÁULICO

En la finca instalara un depósito de 2.000 m³ de capacidad. Su llenado se realizará mediante un pozo y además contará con aportes pluviométricos, debido a que se encuentra descubierto. La caseta de riego ya está construida, donde se instalará un sistema de fertirrigación con 5 depósitos para fertilización mineral.

La orografía de la finca, con cierto desnivel (aproximadamente unos 15 m), hace que se requiera de la utilización de diversos tamaños de tuberías terciarias y laterales. La finca se compone de 3 sectores de riego, con dos zonas cada uno. Además, cuenta con una electroválvula independiente para cada zona, con lo que en total se dispondrá de 6 electroválvulas.

La programación de riegos se basará en un sistema de turnos, buscando regar de forma simultánea aproximadamente un 33% de la finca, como se puede ver en la Figura 6, donde aparecen los tres sectores de riego, con dos áreas cada sector.

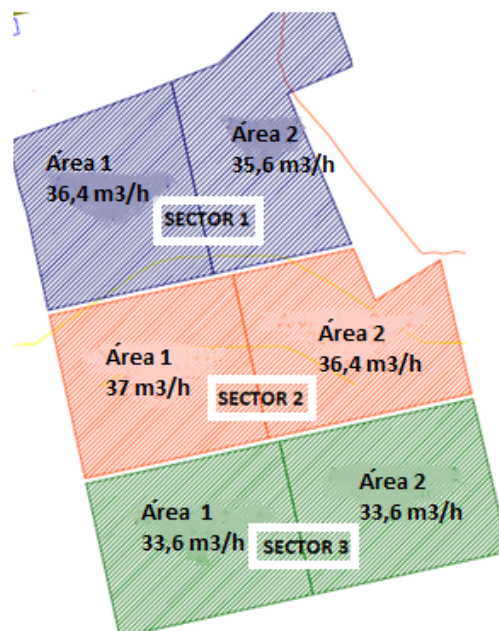


Figura 6. Sectores de riego y sus caudales.

9.1. Cabezal de riego

El cabezal de riego está constituido por el sistema de filtrado, el equipo de fertirrigación, los equipos de impulsión, llaves de paso, manómetros y contador para el control del uso del agua.

En el caso del proyecto, se va a emplear un hidrociclón, debido a que el agua proviene de un pozo. Situado después del hidrociclón, se instalará como filtro secundario un filtro de malla. Se va a realizar un filtrado que evite el paso a partículas mayores de 0,08 mm (80 μm), debido a que trabajaremos con purín y no queremos obturaciones en los goteros.

9.2. Válvulas de lavado

Las válvulas antisifón son indispensables en instalaciones de por goteo subterráneo ya que aumentan la eficiencia de funcionamiento del sistema y alargan su vida útil. Permiten la limpieza de la suciedad de las líneas hasta alcanzar la presión de riego, lo que ayuda a prolongar la vida del gotero evitando obstrucciones y manteniendo un riego uniforme en toda la línea. La limpieza de la línea se realiza antes de cada riego para evitar que los goteros se obturen con los sedimentos que pueda haber en la tubería.

9.3. Dimensionado de tuberías

Una vez elegido el inicio de nuestra tubería (conectada a la válvula de manejo), el siguiente paso es la reducción del diámetro, por cuestión de economía. Reduciremos los diámetros hasta la tubería comercial con menor diámetro, con la característica de unión por junta elástica, debido a que es un requisito marcado por la empresa de montaje.

El resumen del dimensionado de las tuberías se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10. Resumen de las tuberías utilizadas en cada sector y los metros empleados.

Sector	Lateral	Terciaria	Distribución
1	PE DN: 20 mm PN: 3,5 atm e: 1 mm	PVC 110 mm 6 atm	PVC DN: 140 mm PN: 10 atm
		PVC 90 mm 6 atm	
		PVC 75 mm 6 atm	
		PVC 63 mm 6 atm	
2	PE DN: 20 mm PN: 3,5 atm e: 1 mm	PVC 110 mm 6 atm	PVC DN: 140 mm PN: 10 atm
		PVC 90 mm 6 atm	
		PVC 75 mm 6 atm	
		PVC 63 mm 6 atm	
3	PE DN: 20 mm PN: 3,5 atm e: 1 mm	PVC 110 mm 6 atm	PVC DN: 140 mm PN: 10 atm
		PVC 90 mm 6 atm	
		PVC 75 mm 6 atm	
		PVC 63 mm 6 atm	

10. SEPARACIÓN DEL ESTIÉRCOL PORCINO

El purín de cerdo va a jugar un papel muy importante dentro de la plantación, debido a que se va a utilizar como la principal fuente de unidades fertilizantes para nuestros árboles. Su aporte se realizará mediante el sistema de fertirrigación, por lo que previamente debemos separar su fracción sólida de la líquida. Para ello, debemos de instalar un sistema de filtrado que nos permita realizar el proceso de separación. Una parte de la instalación irá colocada en la explotación porcina de la cual el promotor del proyecto se encarga de la gestión del purín, y otra parte en la finca de la plantación.

La separación de las dos fracciones que contiene el purín se puede conseguir utilizando únicamente equipos mecánicos (separación física) o mediante el empleo adicional de agentes químicos (separación físico-química). Ambos son procesos de segregación, que, por sí mismos, no eliminan la presencia en la fracción líquida de un alto contenido de materia orgánica y de nitrógeno en forma soluble. En el purín de cerdo, la mayor parte del nitrógeno queda en esta fracción.

Este anejo se centra en el aprovechamiento de la fracción líquida, pero también debemos dar valor a la fracción sólida, en la que encontramos una gran concentración de nitrógeno y fósforo, ideal para fertilizar la cubierta vegetal de las calles de la plantación. A continuación, procederemos a detallar toda la instalación necesaria para llevar a cabo este proceso.

Para llevar a cabo el proceso de separación del purín, necesitamos previamente instalar todos los componentes necesarios para su tratamiento y almacenaje. Como se ha indicado más arriba, podemos diferenciar dos partes en la instalación: por un lado, la planta de separación colocada en la granja y, por otra parte, los depósitos de recepción de la fracción líquida situados en la plantación.

– Proceso de separación

El objetivo principal de la *planta de separación* para el aprovechamiento en RGS es llegar a separar lo máximo posible, hasta unas 250 μm , para que el equipo de microfiltración de la instalación de riego no se obture.

El *equipo de microfiltración* tiene como objetivo llegar a separar hasta 80 μm . Con un líquido sin partículas superiores de este tamaño ya se puede inyectar a riego por goteo mezclado con agua.

– Proceso de transporte

El equipo de maquinaria formado un tractor de 230 CV y una cuba de purín de 22 m^3 con brazo de carga lateral nos permitirán el transporte de la fracción líquida desde la granja hasta la finca de la plantación. Por otro lado, una parte de la fracción sólida será utilizada para el mantenimiento de la cubierta vegetal, y su transporte desde la solera hormigonada de la granja hasta la solera hormigonada de la plantación se realizará mediante una bañera de transporte.

– Proceso de recepción

Un vez en parcela, se procede al llenado de los depósitos de poliéster destinados al almacenaje de la fracción líquida, aprovechando el brazo de carga de la cisterna de purín, en este caso para el proceso de descarga. La fracción líquida del purín quedará almacenada hasta que el promotor ponga en marcha el plan de fertirrigación, desarrollado en anejo 7.

11. ANÁLISIS ECONÓMICO

La cuantía de la inversión necesaria para la puesta en marcha de proyecto es de 804.502,08 € con IVA y el proyecto va a contar con una vida útil de 15 años.

La financiación del proyecto va a ser mixta, ya que se, solicitara un préstamo que cubra aproximadamente el 40 % del capital invertido. Tras consultar varias entidades financieras, el préstamo concedido es de 350.000 €, con un tipo de interés del 5 %, un plazo de pago de 10 años y un sistema anual de devolución de cuotas constantes. El capital restante será aportado por el promotor (60 %).

Los cobros ordinarios derivan de la venta de la cosecha, considerando un precio medio de la almendra con cáscara de 1,4 €/kg. También se considera el cobro de las ayudas de la PAC, que ascienden 5.242 €/año. En la siguiente tabla, podemos ver los ingresos totales que obtendremos en el conjunto de la explotación desde el año de inicio hasta la plena producción.

Tabla 11. Ingresos totales de la explotación (Cosecha + PAC), en función del año.

Años	Cosecha + PAC (€/año)	Total explotación (€)
1	5.242	5.242
2	26.096 + 5.242	31.338
3	39.144 + 5.242	44.386
4	117.432 + 5.242	122.674
5	202.244 + 5.242	207.486
6 y siguientes	260.960 + 5.242	266.202

En los pagos ordinarios se consideran los fertilizantes y fitosanitarios, la mano de obra, las labores de poda, y la gestión general de la plantación.

11.1. Análisis de rentabilidad

A continuación vamos a proceder al estudio de viabilidad del proyecto, analizando los flujos de caja anuales. En la Tabla 12 se representan tanto los cobros como los pagos estimados para el periodo de la inversión, junto con los flujos de caja y sus valores acumulados.

Tabla 12. Balances económicos anuales de plantación

Año	Cobros (€)	Pagos (€)	Flujo de caja (€)	Flujos acumulados (€)
0	0,00 €	804.502,08 €	-804.502,08 €	-804.502,08 €
1	5.242,00 €	47.345,00 €	-42.103,00 €	-846.605,08 €
2	31.338,00 €	47.345,00 €	-16.007,00 €	-862.612,08 €
3	44.386,00 €	81.163,20 €	-36.777,20 €	-899.389,28 €
4	122.674,00 €	81.163,20 €	41.510,80 €	-857.878,48 €
5	207.486,00 €	81.163,20 €	126.322,80 €	-731.555,68 €
6	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	-546.516,88 €
7	135.722,00 €	81.163,20 €	54.558,80 €	-491.958,08 €
8	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	-306.919,28 €
9	200.962,00 €	81.163,20 €	119.798,80 €	-187.120,48 €
10	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	-2.081,68 €
11	285.774,00 €	81.163,20 €	204.610,80 €	202.529,12 €
12	200.962,00 €	81.163,20 €	119.798,80 €	322.327,92 €
13	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	507.366,72 €
14	135.722,00 €	81.163,20 €	54.558,80 €	561.925,52 €
15	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	746.964,32 €

Para realizar la evaluación financiera de la inversión se emplean una serie de indicadores, que son el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), y el tiempo de recuperación.

Considerando parte de la financiación ajena y una tasa de actualización del 5 %:

- El VAN es 169.431,94 € > 0
- El tiempo de recuperación es de 11 años.
- El TIR es del 7%, comparando el resultado con el coste de financiación (5%), el proyecto también pasa el filtro de viabilidad del análisis del TIR.

Una vez analizados los factores económicos, como son VAN, TIR se puede determinar que el proyecto expuesto de plantación de 23,3 ha de almendros en superintensivo en Monreal del Campo (Teruel), es viable económicamente. La inversión será recuperada en el año 10: es a partir de este año cuando se empezarán a tener beneficios.

12. RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
C1	Plantación	238.177,00
C3	Separadores de estiércol	111.237,50
C2	Riego	198.415,57
C4	Seguridad y salud	10.890,73
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		558.720,80
	13,00 % Gastos generales	72.633,70
	6,00 % Beneficio industrial	33.523,25
	SUMA DE G.G. y B.I.	106.156,95
	21,00 % I.V.A.	139.624,33
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	804.502,08
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	804.502,08

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de OCHOCIENTOS CUATRO MIL QUINIENTOS DOS EUROS con OCHO CÉNTIMOS

Monreal del Campo, a 23 de noviembre de 2020.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Miarnau X, Torgueti L, Batlle I, Romero A, Rovira M, Alegre S, editors. La revolución del almendro: Nuevas variedades y modelos productivos. Proceedings of the Simposio nacional de almendro y otros frutos secos, Lérida, Spain; 2015.
2. Gonzalez M. ¿Cuál es la rentabilidad del almendro en seto? Synergynuts. 2020.
3. Montañés E. Preguntas más frecuentes sobre el almendro en seto. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2017(31):42-7.
4. Extension UoCC. Sample costs to establish an orchard and produce almonds. 2012.
5. Rural CdAPyD. *Caracterización del sector de la almendra en Andalucía*. 2016:37.
6. MAPA. Estadísticas de superficies y producciones de cultivos 2019 [Available from: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>].
7. García Merayo JL, Gallego Abaroa T, Martínez Núñez L. Horas frío y horas de calor en zonas climáticas de la España Peninsular (2002-2011). 2015.

Anejos a la Memoria

Plantación de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.)
D.A.Webb) en superintensivo de 23.3 ha con
sistema de fertirrigación mediante estiércol de
porcino en el T.M. de Monreal del Campo, Teruel

Autor

Jorge Latorre Moreno

RELACIÓN DE ANEJOS

- Anejo 1: Antecedentes y objetivo del proyecto
- Anejo 2: Situación actual del sector de la almendra
- Anejo 3: Estudio climático
- Anejo 4: Estudio edafológico
- Anejo 5: Estudio calidad del agua de riego
- Anejo 6: Estudio de alternativas estratégicas
- Anejo 7: Plantación y proceso productivo
- Anejo 8: Diseño agronómico
- Anejo 9: Diseño hidráulico
- Anejo 10: Separación del estiércol porcino
- Anejo 11: Análisis económico

ANEJO 1

ANTECEDENTES Y OBJETIVO DEL PROYECTO

ÍNDICE

1. EMPLAZAMIENTO	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1. Actividad actual de la parcela	2
2.2. Evaluación económica	4
3. MOTIVACIÓN	4
4. OBJETIVO DEL PROYECTO Y ALINEACIÓN CON LOS ODS.....	5

1. EMPLAZAMIENTO

El proyecto pretende establecer una plantación de 23,3 ha de almendros en regadío en el término municipal de Monreal del Campo, provincia de Teruel.

Coordenadas de la finca:

- Latitud: 40°46'16.5" N
- Longitud: 1°24'17.7" W
- Altitud: 940 m

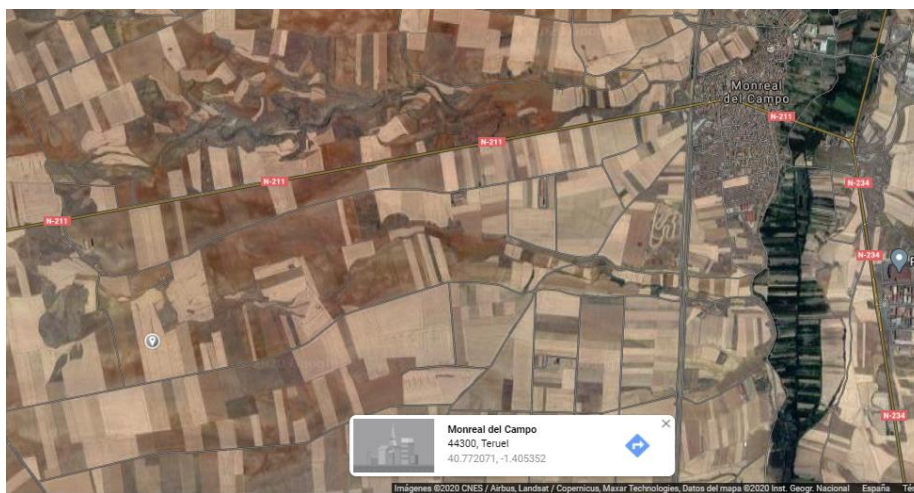


Figura 1. Localización de las parcelas, respecto a Monreal del campo. El punto indica la posición de las parcelas (Google Maps)

La finca, según el registro catastral, está formada por seis parcelas (Figura 2, Tabla 1). Si bien en el pasado pertenecieron a varios propietarios, en la actualidad son gestionadas por un solo propietario. Para llevar a cabo la plantación, se procederá a juntar estas parcelas, eliminando lindes y ribazos.

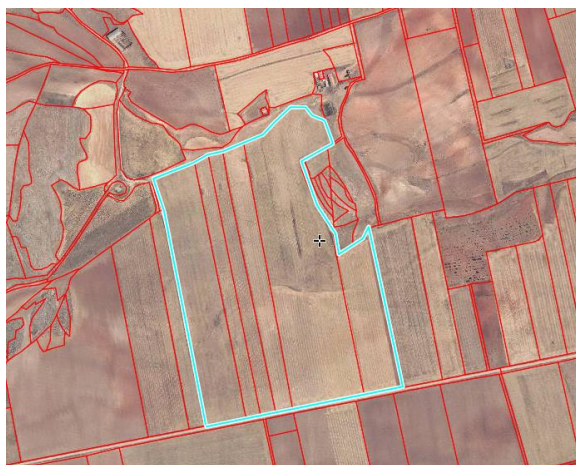


Figura 2. Conjunto de parcelas que forman la finca (Visor SigPac).

Tabla 1. Referencias catastrales de las parcelas que integran la finca.

Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	50	4,8756
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	5531	1,8505
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	5532	1,8503
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	52	2,5847
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	53	9,4039
44 - Teruel	161 - Monreal del campo	0	2	507	54	2,7454
					TOTAL	23,31

Estas parcelas se encuentran a unos 7 kilómetros del núcleo urbano más cercano, Monreal del Campo. El acceso a la finca es a través de la carretera N-211, como se muestra en la Figura 3 ,partiendo del casco urbano de Monreal del Campo, por la N-211 y en dirección oeste, se toma el tercer camino que sale a la derecha, quedando al margen izquierdo la plantación. Tras cruzar la carretera nacional a través de un puente, ese mismo camino lleva a la entrada de la finca. El trayecto dura aproximadamente 10 minutos.



Figura 3. Acceso a la finca desde Monreal del campo (Google Maps).

2. ANTECEDENTES

2.1. Actividad actual de la parcela

En la actualidad, la finca se destina a la producción de cereales en secano. La parcela ha estado dedicada durante muchos años al cultivo de cereales, como el trigo blando (*Triticum aestivum* L.), la cebada (*Hordeum vulgare* L.), el centeno (*Secale cereale* L.) o la avena (*Avena sativa* L.), y al cultivo de otras especies, como el pipirigallo o esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.).

La finca es propiedad del promotor del proyecto y está explotada por él mismo. Percibe las ayudas de la PAC, estimadas en 100 €/ha, y el beneficio obtenido cada año por el rendimiento de cosecha, variable cada campaña. Para cumplir con el *greening* establecido por la PAC, el agricultor realiza una rotación con tres cultivos distintos, incluyendo una leguminosa como cultivo de interés ecológico.

El propietario explota la finca, en régimen de secano, estableciendo la rotación expuesta en la Tabla 2:

Tabla 2. Rotación y hojas de cultivo.

Hojas de cultivo	Superficie (ha)	Año 1	Año 2	Año 3
Hoja 1	4,8756	Cebada	Triticale	Barbecho
Hoja 2	1,8505	Barbecho	Cebada	Centeno híbrido
Hoja 3	1,8503	Barbecho	Cebada	Centeno híbrido
Hoja 4	2,5847	Cebada	Barbecho	Triticale
Hoja 5	9,4039	Triticale	Avena	Cebada
Hoja 6	2,7454	Esparceta	Esparceta	Esparceta
Total	23,3			

Todos los cultivos se realizan mediante siembra convencional. Para cumplir con la rotación, como alternativa a los cultivos usados para obtener producción (cebada, triticale, centeno), se practica el barbecho tradicional, dejando descansar la parcela una campaña. También es muy útil la siembra de avena para limpiar la parcela de malas hierbas, o la siembra de esparceta (beneficiosa debido a la fijación de nitrógeno al ser una leguminosa), teniendo la obligación de mantenerla en la parcela al menos 3 campañas.

Para la preparación de la finca que se encuentra en barbecho, se realizan las siguientes labores con sus respectivos costes estimados por hectárea:

- Aplicación de estiércol porcino mediante cisterna aplicadora como abonado de fondo: 80 €/ha
- Labor de vertedera (necesidad de enterrar el rastrojo del anterior cultivo y su posterior descomposición, además de voltear el estiércol): 60 €/ha
- Labor de chisel o cultivador (igualar la parcela después de voltear la tierra y eliminar las malas hierbas emergentes): 30 €/ha
- Uso de rulo compactador (preparación para la siembra): 40 €/ha
- Siembra de parcela (sembradora convencional neumática): 40 €/ha + 60 €/ha (simiente)
- Rulado de parcela (compactado del terreno cuando el cereal está completamente nacido): 30 €/ha
- Abonado de la parcela (abono NPK): 40 €/ha
- Aplicación de productos fitosanitarios (eliminación de las malas hierbas): 5 €/ha
- Abonado nitrogenado (si se observan carencias): 40 €/ha
- Aplicación de fungicidas (si hay exceso de humedad y se forman enfermedades fúngicas): 30 €/ha
- Recolección cereal (mediante cosechadora autonivelante): 45 €/ha

2.2. Evaluación económica

Para evaluar la rentabilidad económica de la explotación en el sistema actual hay que analizar los ingresos obtenidos por la PAC y la cosecha obtenida y descontar los gastos a los que nos enfrentamos en la preparación de ésta. Tomaremos como referencia el año uno de la rotación:

– *Ingresos:*

- PAC: pago base + pago verde: 100 €/ha
- Producción obtenida:
 - Rendimiento medio de la zona: 2,5 t/ha
 - Precio medio cereal (cebada, triticale, centeno): 170 €/t

$$\text{Rendimiento} \times \text{precio medio} = 2,5 \text{ t/ha} \times 170 \text{ €/t} = 425 \text{ €/h}$$

- Total: 525 €/ha

– *Gastos:*

- Preparación de la finca y recolección
 - Preparación para siembra: 210 €/ha
 - Siembra, abonado y control (malas hierbas, enfermedades fúngicas): 200 €/ha
 - Recolección y transporte: 50 €/ha
- Total: 460 €/Ha

$$\text{Beneficio} = \text{ingresos} - \text{gastos} = 525 \text{ €/ha} - 460 \text{ €/ha} = 65 \text{ €/ha}$$

Para calcular el beneficio total de la parcela, se toman el beneficio de las hojas que serán trabajadas esa campaña y el de las que permanecen de barbecho (que no tendrán todos los gastos que conlleva preparar la finca el cultivo de un cereal):

- Beneficio hojas cultivadas = (Ingresos – Gastos) × Superficie = 65 €/ha × 18,60 ha = 1.209 €
- Beneficio hojas barbecho = (100 €/ha – 60€/ha) × 4,7 ha = 188 €
- Beneficio total = 1.209 + 188 = 1397 €

Después de realizar los cálculos y estimaciones, se llega a la conclusión de que el beneficio obtenido por las 23,3 ha que forman la finca en una campaña de cultivo es de aproximadamente 1400 €, un valor muy bajo y que pone en peligro la rentabilidad de las pequeñas explotaciones.

3. MOTIVACIÓN

Se plantea el proyecto de la plantación de almendros con el fin de obtener una producción distinta a la tradicional en la zona, típicamente cerealista, de rentabilidad muy baja por los altos costes de mantenimiento y los bajos rendimientos. La transformación de la finca en una plantación de almendros, previsiblemente más rentable, supondría una ayuda económica al agricultor y una posibilidad de fijación de población en el entorno rural.

4. OBJETIVO DEL PROYECTO Y ALINEACIÓN CON LOS ODS

El objetivo general del proyecto es el diseño de una plantación de almendros como alternativa a los cultivos extensivos tradicionales de la zona.

Como objetivos específicos, se buscará un uso racional de los recursos hídricos (en línea con el objetivo 6 y, en concreto, con la meta 6.4); un modelo adecuado de fertilización (meta 12.4), creando una instalación para gestionar el estiércol porcino (separando su parte sólida de la líquida); y una eficiente gestión de plagas (meta 12.4 también), de forma que la explotación sea lo más respetuosa posible con el medio ambiente. También se establecerán las pautas para un correcto manejo de la misma y un análisis económico para comprobar su viabilidad. En lo que a diseño agronómico e hidráulico se refiere, se calcularán y dimensionarán las instalaciones de riego y se realizarán los planos necesarios para dar soporte y claridad a los cálculos y las elecciones realizadas.

ANEJO 2

SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE LA

ALMENDRA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. EL CULTIVO DEL ALMENDRO: UN CAMBIO DE PARADIGMA	1
3. EL MERCADO DE LA ALMENDRA.....	2
3.1 Situación internacional	2
3.2 Situación nacional.....	3
3.3 Situación regional	5
4. COMERCIALIZACIÓN.....	5
5. CONCLUSIONES.....	6
6. BIBLIOGRAFÍA	7

1. INTRODUCCIÓN

Con la realización de este anejo se pretende dar una visión general de cómo se encuentra el mercado de la almendra a nivel nacional e internacional. Las conclusiones que se extraigan de este breve análisis del sector afectarán positiva o negativamente a la viabilidad económica de la explotación.

2. EL CULTIVO DEL ALMENDRO: UN CAMBIO DE PARADIGMA

En apenas unos años, el almendro ha pasado de ser un cultivo marginal que se desarrollaba en los suelos pobres y áridos de los campos españoles a representar una producción alternativa a las tradicionales de fruta, cereales o cítricos. Este cambio en el manejo del cultivo ha provocado que en la actualidad el almendro ofrezca una rentabilidad un 10-15 % superior a los cereales o al olivo para una misma finca. Paralelamente, el consumo de almendra ha aumentado notablemente, pues la demanda mundial ha crecido a un ritmo del 5 % anual (1).

En España, a la coyuntura internacional favorable se han unido otros factores, como el impulso de nuevas variedades de floración tardía (meses de marzo y abril), apenas expuestas a las heladas primaverales, autofértiles (menos expuestas a las condiciones climáticas durante la floración), y la introducción del cultivo en regadío.

Desde hace poco menos de una década, se ha comenzado a analizar el comportamiento de plantaciones de almendro de muy alta densidad o superintensivas (con más de 2.000 árboles/ha). Este modelo o sistema de formación denominado SHD, 2D (bidimensional) o SES (*Super Efficient System*), aunque constituye una novedad en almendro, viene utilizándose durante décadas en frutales (2). En dichas plantaciones se están ensayando patrones poco vigorosos (que permiten disponer de copas más pequeñas y eficientes), sistemas de formación y poda adecuados a un sistema totalmente mecanizado, y la recolección integral mediante cosechadoras cabalgantes (utilizadas en el olivar en seto y la vid en espaldera, y que se pueden adaptar al almendro con pequeños ajustes). Esta conjunción de innovaciones posibilita pensar en un modelo productivo, el seto, basado en paredes productivas y no en árboles individuales (3).

Si bien es cierto que este tipo de plantación se encuentra en fase experimental y que su comportamiento a medio y largo plazo resulta desconocido, se presupone que gozará de las ventajas –ya comprobadas– obtenidas en otros cultivos como el olivo en seto y la vid en espaldera, que son las siguientes: un aumento de la eficacia de los tratamientos fitosanitarios y del manejo en general; minimización del mantenimiento del suelo; aceleración de la entrada en producción; posibilidad de cosechado con máquinas cabalgantes; reducción de la mano de obra necesaria; y mejora de la rentabilidad del cultivo.

Los estudios realizados hasta la fecha apuntan a que el sistema SHD tiene costes de producción de entre 0,70 y 1,10 €/kg de pepita, gracias a la mecanización de la poda y la recolección, y a la eficiencia en el uso del agua, nutrientes y fitosanitarios (4), mientras que los costes de producción con sistemas convencionales serían de 2,9-3 €/kg de pepita (5) .

3. EL MERCADO DE LA ALMENDRA

3.1 Situación internacional

La producción mundial de almendra se concentra en un pequeño grupo de países, integrado por Estados Unidos, Australia y España, siendo California la principal zona productora del mundo (Figura 1). No obstante, en cuanto a área de cultivo se refiere, la Unión Europea concentra el 39 % de la superficie mundial de almendro, localizándose en España el 84 % de esta y casi un tercio de la superficie mundial (6).

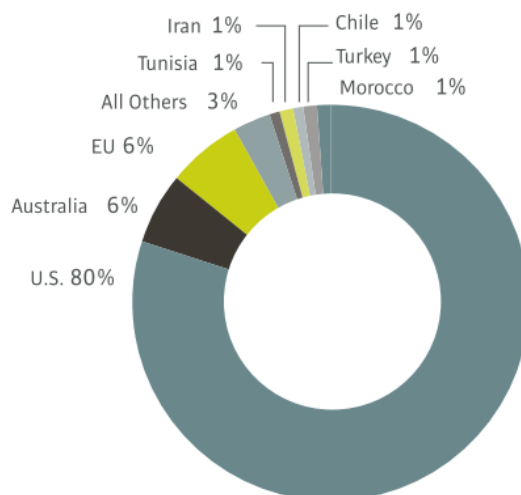


Figura 1. Distribución de la producción mundial de almendra grano año 2018-2019 (7)

Australia en los últimos años se ha convertido en el segundo productor a nivel mundial de almendras, superando a España en esa posición (8). La producción de EE.UU. y Australia se caracteriza por sus variedades como Non Pareil, Price, Butte, Monterrey y Carmel. Todas tienen la misma característica: su cáscara es blanda. En general, las producciones australianas son muy altas, con medias de 3500 kg de pepita/ha, pero con unos aportes de agua y fertilizantes muy elevados (en algunas zonas se consumen hasta 14000 m³ de agua/ha y 350 unidades de nitrógeno/ha). El sistema de recogida, con vibrador y arrojando el fruto al suelo para su posterior barrido y secado, también está acarreando ciertos problemas en zonas donde se dan lluvias después de la cosecha (8). Las previsiones de la producción australianas de almendra son muy optimistas, con una producción en aumento, capaz de responder a una demanda mundial creciente (9). En concreto, las previsiones de demanda mundial de almendras son de un crecimiento anual superior al 5 %, y se espera que países como India y China multipliquen por 15 su consumo interno.

En lo referente al sistema SHD antes mencionado, como observamos en la Figura 2, podemos encontrar plantaciones en EE.UU., Australia, Chile, Italia, Turquía, Marruecos y Grecia, entre otros países.

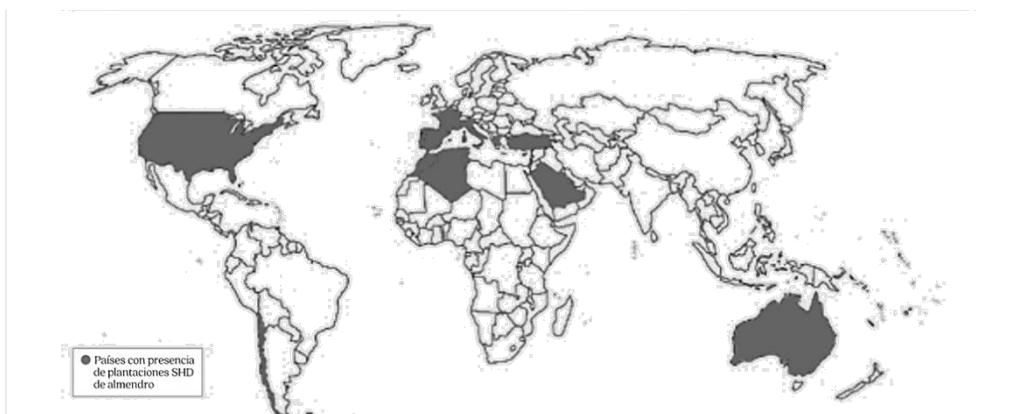


Figura 2. Países con presencia de plantaciones en sistema superintensivo de almendra (10)

3.2 Situación nacional

Como se ha indicado anteriormente, España es líder a nivel mundial en cuanto a superficie dedicada a este cultivo: la superficie mundial asciende a más de 1.600.000 ha, encontrándose más de 600.000 ha dentro de la Unión Europea y, concretamente, en España, más de 500.000 ha. Sin embargo, la mayoría de las plantaciones están desarrolladas según los métodos tradicionales de cultivo, por lo que los rendimientos son bajos.

En España el cultivo del almendra continúa creciendo en cuanto a superficie, pasando de 657.768 ha en 2018 a 687.225 ha en 2019, lo que supone un aumento de un 4,48% (Tabla 1). Más significativo es el incremento del cultivo en regadío, que crece un 11,6% con respecto a 2018, mientras que el cultivo en secano aumenta un 3,29% (11).

Tabla 1. Superficie en plantación y producción en ESPAÑA, año 2018-2019.

Superficie en plantación regular ESPAÑA	Total (ha)			En producción (ha)		Producción (cáscara)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Toneladas
AÑO 2018	563.642	94.126	657.768	487.125	68.436	339.033
AÑO 2019	582.174	105.051	687.225	507.263	79.727	340.421

A pesar del aumento en superficie que se observa en la Figura 3Error! Reference source not found. , la producción nacional se ha mantenido estable (Figura 4), siendo de 340.421 toneladas cáscara (339.033 toneladas en 2018), algo que está motivado por los inferiores rendimientos registrados durante la anterior campaña, especialmente en los secanos. De hecho, más del 85% de las hectáreas de almendra en España continúan siendo en secano, frente al 100% en regadío existente en California.

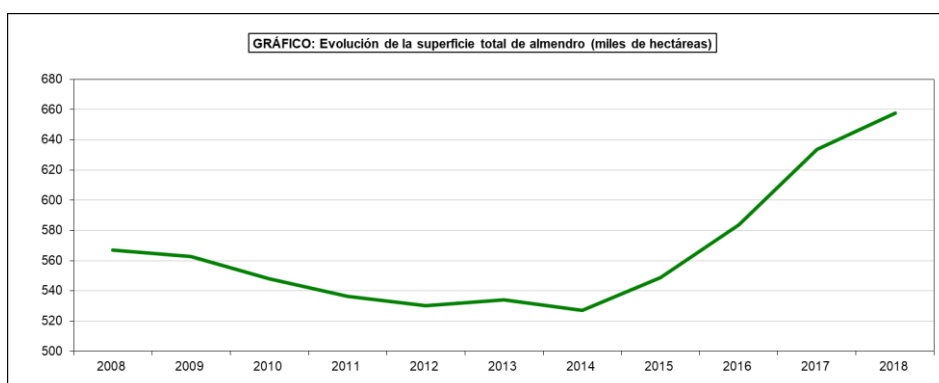


Figura 3. Evolución superficie total de almendro en España (miles de hectáreas) (11)

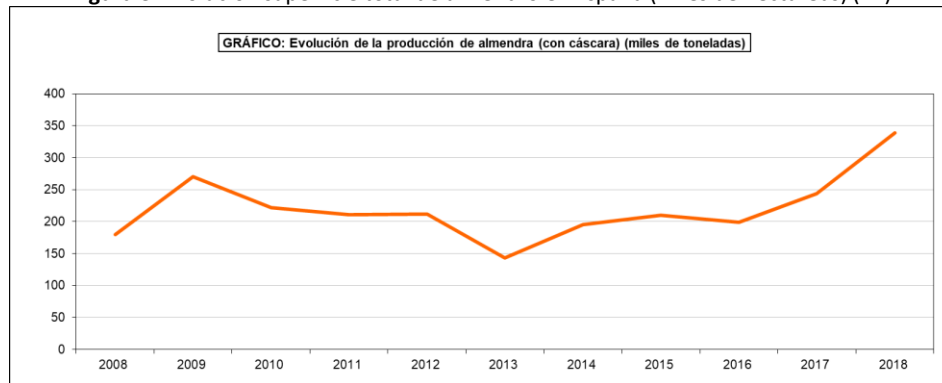


Figura 4. Evolución de la producción de almendra en España (miles de toneladas) (11)

Por Comunidades Autónomas, la distribución de la superficie de almendro se concentra en la zona mediterránea: en Aragón (20%), Cataluña (7%), Comunidad Valenciana (17%), Murcia (12%), Andalucía (30%) y Castilla la Mancha (8%). Destaca el crecimiento del cultivo del almendro en Andalucía, que pasa de 198.983 ha en 2018 a 212.223 ha en 2019, lo que supone un incremento de un 6,65%; si bien el mayor aumento (7,3%) corresponde a Castilla la Mancha, pasando de 123.971 ha en 2018 a 133.153 ha a finales de 2019.

Tabla 2. Producción de almendras grano por Comunidades Autónomas, periodo 2016-2019.

CCAA	Producción de almendras grano (t)				%Total 2019
	2016	2017	2018	2019	
Andalucía	44.256	65.898	107.819	111.877	32,86
Murcia	25.493	29.990	24.527	25.855	7,59
C. Valenciana	28.007	42.853	35.211	40.875	12
Aragón	45.175	51.479	63.955	63.235	18,5
Castilla la Mancha	24.445	20.271	70.337	53.201	15,6
Cataluña	13.921	17.635	16.957	23.753	6,9
Resto España	17.477	15.768	20.227	21.625	6,55
Total	198.767	243.876	339.033	340.421	100,00

La producción nacional está en torno a las 50.000 t, pero la industria española procesa anualmente en torno a 130.000 t, por lo que solamente abastecemos el 38% de la demanda nacional. Este escenario ha dado una situación de precios al alza, habiendo pasado de 3 €/kg de almendra en grano a, en ciertos momentos, 9 o 10 €/kg. Sin embargo, en un par de años se prevé que se duplique la producción nacional y que en tres años que se triplique, abasteciendo así la demanda nacional. Por todo ello, deberemos tener en cuenta que, aunque aún haya mucho margen económico en el cultivo, estos precios tan altos poco a poco se irán estabilizando, con cifras rentables, pero no tan disparatadas. El cultivo en seto del almendro sigue un camino paralelo al que recorrió en su momento el olivar en alta densidad. No es difícil encontrar similitudes entre los protagonistas iniciales de ambos cultivos y menos aún en el entorno socio-económico, que —con la salvedad de los años— propicia hoy en día la aparición del almendro superintensivo (10).

3.3 Situación regional

Tradicionalmente, en Aragón, el cultivo de la almendra ha jugado un papel importante, debido a que es un árbol que se adapta muy bien a las condiciones climatológicas de la zona. En el año 2019 se situó como la CC.AA. con mayor número de toneladas producidas (63.235 t), sólo por detrás de Andalucía, lo que representa un 18,5% del total producido en España.

Las producciones medias de Aragón han ido mejorando, debido al aumento de plantaciones de diseño moderno, en alta densidad, bajo condiciones de riego y con unas técnicas de manejo adecuadas. Así, como se puede observar en la Tabla 3, las medias de producción en regadío son bastante buenas.

Tabla 3. Superficie y rendimiento de la almendra en Aragón.

Superficie en plantación regular AÑO 2019	Total (ha)			En producción (ha)		Producción (t cáscara)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	
Huesca	9.850	4.661	14.511	9.121	3.866	19.450
Teruel	20.339	1.525	21.864	19.602	1.164	11.651
Zaragoza	30.892	10.305	41.197	29.193	8.875	32.134
ARAGÓN	61.081	16.491	77.572	57.916	13.905	63.235

En Teruel, zona donde se va a realizar la plantación, es un modelo productivo poco extendido, si observamos el número de hectáreas de regadío actuales. Esto viene marcado por la escasez de variedades adaptadas a producir en estas condiciones de heladas primaverales. Sin embargo, en la actualidad y gracias a los programas de mejora vegetal, se han conseguido variedades de floración extra-tardía capaces de producir en estos climas tan rigurosos, por lo que se amplía así la superficie productiva de este cultivo.

4. COMERCIALIZACIÓN

A día de hoy, parece ser que se dan las condiciones idóneas para el inicio de nuevas plantaciones de almendro. En los próximos años la almendra seguirá teniendo un precio elevado y, aunque este se vaya reduciendo en los años posteriores, aún quedará margen de beneficios, previsiblemente durante toda la vida útil de la explotación (ya que al tratarse de un sistema superintensivo se entra en producción antes, aunque se acorte la vida útil, y se aprovecharían mejor los altos precios actuales), como muestra la Figura 5.

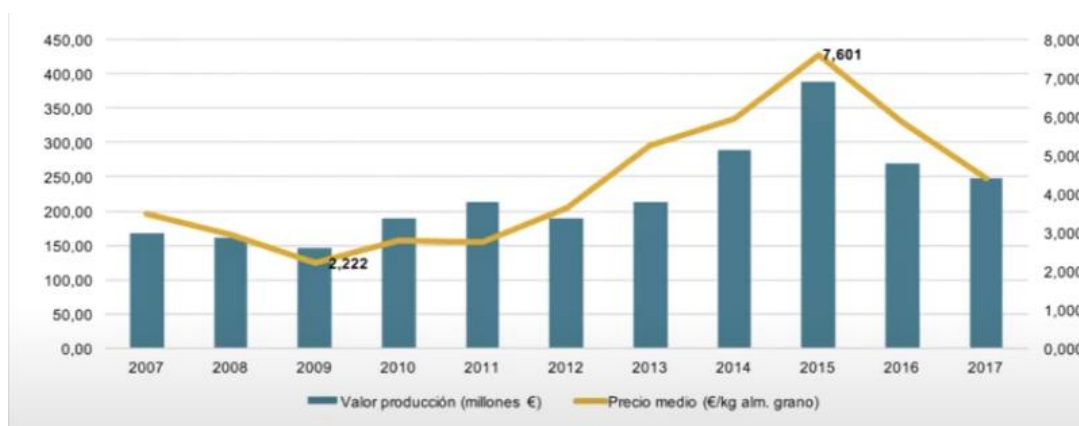


Figura 5. Evolución del precio de la almendra grano comuna (€/kg) y valor nacional de la producción (millones de €).

En cuanto a la comercialización de la almendra, debido a que hay muchas empresas que tienen gran interés en promover este cultivo, existen infinidad de cooperativas y empresas que se encargan del acopio del producto y fijan el precio con el agricultor. En nuestro caso, el promotor es socio de la Cooperativa de Frutos Secos de Alcañiz, por lo que ellos se encargarían de la recogida de la almendra en finca y su posterior comercialización.

5. CONCLUSIONES

El escenario parece ser favorable para aprovechar la coyuntura a nivel mundial y nacional y poder beneficiarnos de los altos precios del mercado. Si bien no se puede descartar que estemos ante el inicio de una “burbuja” de la almendra, a medio plazo no parece factible, ya que previamente se debería abastecer la fuerte demanda de los mercados, lo que de momento no parece tarea fácil. El optar por realizar una plantación en superintensivo, sistema que acorta la vida útil de la plantación pero que adelanta su entrada en producción, permitiría aprovechar mejor los precios actuales del mercado, reduciendo el riesgo de caer en la posible burbuja a medio-largo plazo (12). Por último, el apartado de la comercialización estaría resuelto, pues de esta tarea se encargaría la Cooperativa Frutos Secos de Alcañiz, de la que el promotor es socio.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Miarnau X, Torqueti L, Batlle I, Romero A, Rovira M, Alegre S, editors. La revolución del almendro: Nuevas variedades y modelos productivos. Proceedings of the Simposio nacional de almendro y otros frutos secos, Lérida, Spain; 2015.
2. Iglesias I. Costes de producción, sistemas de formación y mecanización en frutales, con especial referencia al melocotonero. Revista de fruticultura. 2019(69):50-9.
3. Roca JM, Gómez JM, López M. El almendro en seto SHD: La recolección con máquinas cabalgantes. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2014(25):35-47.
4. Montañés E. Preguntas más frecuentes sobre el almendro en seto. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2017(31):42-7.
5. Extension UoCC. SAMPLE COSTS TO ESTABLISH AN ORCHARD AND PRODUCE ALMONDS. 2012.
6. Rural CdAPyD. *Caracterización del sector de la almendra en Andalucía*. 2016:37.
7. almonds A. Almond Board of California (2019) Almond Insights 2018-2019 2019 [Available from: <https://industry.australianalmonds.com.au/almond-board/almond-insights/>].
8. Mañas F, Rius X. Almendricultura : Entrevistas , Almond Board de Australia. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo 2016;29:25-40.
9. Wirthensohn M. El almendro en Australia. Revista de fruticultura. 2015(43):8-20.
10. Dicenta López-Higuera F, Rodas A. SHD en el mundo. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo 2015;28:17-27.
11. MAPA. Estadísticas de superficies y producciones de cultivos 2019 [Available from: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>].
12. Rodríguez Fernández J. Proyecto de plantación de 34, 2 ha de almendro en superintensivo y con riego deficitario en el término municipal de Granja de Moreruela (Zamora). 2018.

ANEJO 3

ESTUDIO CLIMÁTICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN	2
3. CONDICIONES AMBIENTALES	2
4. TEMPERATURAS.....	4
4.1. Temperaturas estivales.....	5
4.1.1. Altas temperaturas estivales	5
4.1.2. Bajas temperaturas estivales.....	5
4.2. Temperaturas invernales y horas de frio	6
4.2.1. Cálculo del régimen de heladas según Emberger	7
5. PRECIPITACION Y HUMEDAD.....	8
6. INSOLACIÓN.....	9
7. VIENTO	10
8. NIEVE.....	11
9. GRANIZO.....	12
10.ÍNDICES CLIMÁTICOS.....	12
10.1. Índice de Lang.....	13
10.2. Índice de Martonne	13
10.3. Índice de Dantin-Cereceda y Revenga	14
10.4. Índice de Emberger.....	14
11.CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS	15
11.1. Clasificación climática de Köppen.....	15
12.CLASIFICACIÓN BIOCLIMATICA UNESCO-FAO	16
12.1. Características térmicas	16
12.2. Aridez	17
12.3. Clasificación agroclimática de Papadakis.....	17
12.3.1. Rigor del invierno.....	17
12.3.2. Calor en verano.....	18
12.3.3. Clases térmicas	18
12.3.4. Caracterización hídrica.....	19
13.EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	20
14.CONCLUSIÓN	20
15.DATOS	21
16.BIBLIOGRAFÍA	28

1. INTRODUCCIÓN

El estudio climático es muy importante a la hora de realizar un proyecto de este tipo, ya que determinará y limitará la viabilidad de su ejecución, además de la elección de la especie a cultivar y la selección de sus diferentes variedades, teniendo en cuenta las necesidades hídricas, los diferentes sistemas de cultivo (marco de plantación, labores culturales, etc.), los accidentes climatológicos que nos pueden afectar (como granizo o heladas) o las condiciones para la aparición de patologías y enfermedades.

Podemos clasificar los factores climáticos en *condicionantes* (cuando disminuyan la producción de almendra pero no comprometan la viabilidad económica de la explotación) y *limitantes* (que serían aquellos factores climáticos que podrían llegar a causar la muerte de la planta, comprometiendo seriamente la explotación desde el punto de vista económico).

Los datos se han obtenido de la estación meteorológica que la Oficina del Regante (SARGA) tiene ubicada en la misma localidad en la que se enmarca el proyecto.

Los datos meteorológicos disponibles corresponden al periodo 2006-2019, y se dispone de registros de temperatura, precipitación, humedad y evapotranspiración, entre otros.

Con el análisis de estos datos se pretende valorar la aptitud del clima de la zona de plantación para el desarrollo del almendro y la correcta producción de la almendra según los factores climatológicos.

2. LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN

La estación de la que se han obtenido los datos se encuentra dentro de la empresa Cereales Teruel y es propiedad de la Oficina del Regante (SARGA). Se encuentra a unos 4 km en línea recta del emplazamiento de la parcela donde se situará la plantación. Las coordenadas en las que se sitúa la estación meteorológica son las que aparecen en la Figura 1.

Coordenadas
UTM X: 638782
UTM Y: 4515730
Huso: 30
Altitud: 947

Figura 1. Coordenadas de la estación meteorológica más cercana a la parcela.

3. CONDICIONES AMBIENTALES

El almendro es una especie típicamente mediterránea, pues sus exigencias medio-ambientales han determinado las regiones en las que es posible su cultivo. El árbol crece con facilidad en regiones con unas ciertas horas de frío invernal, pero con inviernos relativamente suaves, aunque es capaz de soportar grandes fríos durante el reposo invernal. Las necesidades de frío

para el reposo invernal y de calor para el inicio de la actividad vegetativa dependen de las diferentes variedades.

Los daños que producen las heladas de primavera pueden llegar a anular la cosecha, pero las variedades de floración tardía pueden evitar este problema, bien sea parcial o totalmente. Las bajas temperaturas también pueden reducir la producción, aunque no alcancen los 0 °C, porque afectan negativamente a la polinización (1).

Comenzamos analizando los caracteres climáticos de la zona más significativos, con los que se ha elaborado el climograma (Figura 2).

Nos encontramos en un clima submediterráneo continental frío, en el que la temperatura es una de sus cualidades climáticas más representativas: los inviernos son duros y fríos, y sobre todo muy largos. Por el día entra con facilidad el anticiclón ibérico, proporcionando al ambiente una gran tranquilidad y contribuyendo a que el número de horas de sol sea elevado. Durante siete u ocho meses, de octubre a mayo, la llegada del ocaso puede estar acompañada de fuertes heladas, frecuentes en invierno (casi diarias), e inesperadas y devastadoras cuando se producen a finales de la primavera. Se alcanzan temperaturas bajo cero una gran parte del invierno.

Otro de los condicionantes meteorológicos es la lluvia. En el valle del Jiloca las precipitaciones siempre han sido escasas, oscilando entre los 350 y 450 mm/año. La razón de esta sequedad es su localización en la zona interior de la Cordillera Ibérica, con una orografía montañosa que actúa como un muro, impidiendo que los vientos húmedos del Atlántico y del Mediterráneo penetren más allá de sus márgenes exteriores. La lluvia suele concentrarse en la primavera y el otoño. Llegado el verano, las puntuales precipitaciones suelen ser de tipo tormentoso, activando las ramblas y produciendo grandes destrozos en los campos. La ausencia de precipitaciones en invierno se explica por el predominio del ya citado del anticiclón ibérico y, aunque no es frecuente, cuando llueve, suele hacerlo en forma de nieve.

Por último, hablaremos de la humedad: se trata de un clima muy seco, con baja humedad relativa. En verano e invierno, la entrada del anticiclón ibérico proporciona un ambiente seco, con muy poca humedad (2).

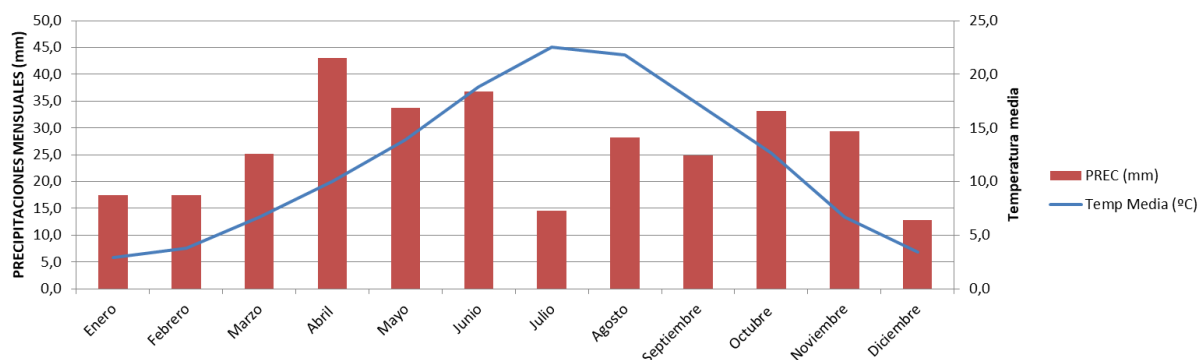


Figura 2. Climograma representativo de Monreal del Campo.

4. TEMPERATURAS

La temperatura es uno de los factores más importantes en el momento de plantear una plantación de almendros. Las bajas temperaturas crean problemas durante el periodo vegetativo, para luchar contra ellas, se elegirán variedades con un periodo de floración más tardío, evitando así las heladas de mayor intensidad y sabiendas, que habrá campañas donde perderemos parte de la producción por este agente meteorológico. Por el contrario, las altas temperaturas no afectan gravemente al almendro, ya que es una especie que se adapta muy bien a zonas de veranos cálidos.

Tabla 1. Temperaturas promedio en el periodo 2006-2019.

MES	Temp. media (°C)	Temp. máxima (°C)	Temp. mínima (°C)
Enero	2,9	16,4	-9,4
Febrero	3,8	17,7	-8,4
Marzo	6,7	22,5	-6,0
Abril	10,0	25,5	-3,0
Mayo	13,9	30,1	-1,0
Junio	18,8	35,4	3,1
Julio	22,5	37,2	6,8
Agosto	21,8	37,1	6,6
Septiembre	17,2	32,7	3,0
Octubre	12,7	27,9	-1,5
Noviembre	6,7	20,9	-6,2
Diciembre	3,4	16,5	-9,3

En el caso de este proyecto también afectará al desarrollo de la almendra, que será un factor limitante de la producción, debido a que el árbol resiste temperaturas invernales muy extremas, pero en su periodo de floración y su posterior formación del fruto es muy sensible a las bajas temperaturas. Además, durante la maduración necesita que las temperaturas estivales sean altas para un correcto secado del fruto. En la Figura 3, podemos ver representadas las temperaturas máximas, media y mínimas anuales.

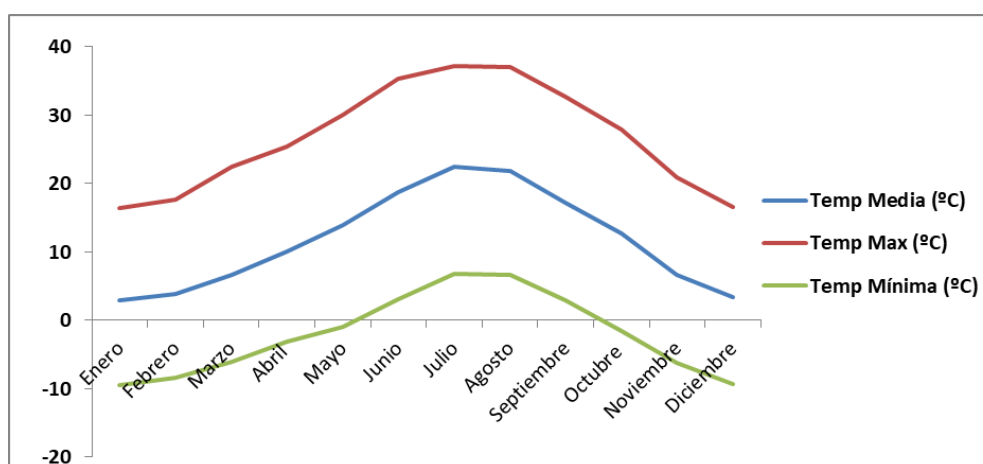


Figura 3. Representación gráfica de las temperaturas máximas, media y mínimas en la zona de estudio.

4.1. Temperaturas estivales

La época estival, correspondiente a los meses de junio, julio, agosto y principios de septiembre, se caracteriza por tener las temperaturas más altas de todo el año y por no bajar a temperaturas negativas, salvo en casos muy puntuales.

4.1.1. Altas temperaturas estivales

Se reconocen como temperaturas altas estivales aquellas que superan el rango de los 30-35 °C en ambientes secos y con alta insolación. En la zona de análisis, las temperaturas más altas se alcanzan en los meses de julio y agosto, llegando hasta los 39,5 °C (Tabla 2).

Tabla 2. Temperaturas máximas estivales

Mes	Temperatura máxima (°C)
Junio	39,31
Julio	39,58
Agosto	39,58
Septiembre	36,87

En este aspecto no se detecta ningún problema para el establecimiento del almendro, ya que cuando se alcanzan estas temperaturas el árbol detiene su crecimiento de primavera en pleno verano, pero al encontrarnos en una plantación en regadío la parada de verano puede ser completamente inapreciable ya que la escasez de agua propia de estos meses no nos limita. Hay que tener en cuenta que periodos continuados de altas temperaturas mínimas nocturnas (28 °C) pueden afectar a la caída de yemas.

En cuanto al número de horas que se mantienen estas altas temperaturas, la zona de Teruel tiene en promedio algo superior a 250 horas de calor (umbral 30 °C) al año, oscilando entre las 410 horas de 2009 y las 161 de 2002. Es destacable que seis meses del año no tienen horas de calor, los cuatro primeros y los dos últimos, de forma que las horas de calor se acumulan solo en verano. La variabilidad interanual, así como la que se da entre los mismos meses de los distintos años, es muy marcada (3).

4.1.2. Bajas temperaturas estivales

Durante la época estival las bajas temperaturas no son comunes, pero podrían suponer un riesgo para el desarrollo del almendro, ya que afectarían al fruto si está en formación. No es muy frecuente, pero pueden darse ocasionalmente temperaturas negativas en los meses de verano, como se aprecia en la Tabla 3. Las bajas temperaturas a finales de septiembre no nos afectarían, ya que se habría producido la recolección de las variedades más tardías.

Tabla 3. Temperaturas mínimas estivales periodo 2006-2019.

Mes	Temperatura mínima (°C)
Junio	-1,28
Julio	3,52
Agosto	2,37
Septiembre	0,75

4.2. Temperaturas invernales y horas de frío

La zona de estudio soporta bastantes horas de frío a lo largo del año, llegando a acumularse entre 2300 y 3000 horas de frío con una temperatura umbral de 7 °C, y entre 750 y 1000 horas con una temperatura umbral de 0 °C.

Concretamente, tiene en promedio en torno a 2700 horas frío (umbral 7 °C) al año, oscilando entre las 2992 horas de 2010 y las 2316 de 2011. Marzo y noviembre pasan de 350 horas, febrero se acerca a las 500 horas, y enero y diciembre las sobrepasan (3).

Tabla 4. Temperaturas mínimas de cada mes y periodos de heladas.

MES	Temp. mínima (°C)	Periodo de heladas		
			Año medio	Año extremo
Enero	-9,4			
Febrero	-8,4	Primera helada	20-10	28-09
Marzo	-6,0	Última helada	10-05	12-06
Abril	-3,0	Periodo de heladas	202(días)	257
Mayo	-1,0	Periodo sin heladas	163	108
Junio	3,1			
Julio	6,8			
Agosto	6,6			
Septiembre	3,0			
Octubre	-1,5			
Noviembre	-6,2			
Diciembre	-9,3			
Media Anual	-2,1			

En la zona de estudio, las heladas se extienden desde finales de septiembre hasta mediados de mayo, acumulando un total de entre 80 y 100 días de heladas cada año (Tabla 4). La primera helada varía desde finales de septiembre hasta mitad de noviembre en los años más cálidos, al empezar el otoño, mientras que la última puede ocurrir desde en torno a la primera quincena de mayo hasta principios de junio en años excepcionales. En la Tabla 5 se recogen las fechas exactas.

Tabla 5. Fechas de la primera y última helada

Años	Primera helada	Última helada
2006-2007	30/11/2006	05/04/2007
2007-2008	28/09/2007	01/05/2008
2008-2009	30/10/2008	02/04/2009
2009-2010	18/10/2009	07/05/2010
2010-2011	27/10/2010	13/04/2011
2011-2012	21/10/2011	17/04/2012
2012-2013	29/10/2012	21/05/2013
2013-2014	31/10/2013	04/05/2014
2014-2015	18/11/2014	22/05/2015
2015-2016	15/10/2015	02/05/2016
2016-2017	11/10/2016	01/05/2017
2017-2018	29/10/2017	02/05/2018
2018-2019	29/10/2018	12/06/2019

Una vez conocidos estos datos, es imprescindible tener en cuenta la época de floración, puesto que no conviene que haya heladas en dicha época, ya que conducirían a pérdidas de rendimiento. Esto se tendrá en cuenta en un anejo posterior.

La resistencia a este tipo de factor climático de las plantas es muy variable en función de la especie, la variedad, la edad y otros muchos factores. En el caso del almendro, necesita unas 250-350 horas de frío acumuladas, dependiendo de la variedad cultivada, para que se produzca la salida del reposo invernal.

La afección de la baja temperatura a la especie cultivable varía en gran medida dependiendo el estado fenológico en el que se encuentre el árbol en el momento de la bajada de las temperaturas. En este punto tienen un papel importante las variedades de floración tardía, que buscan evitar el problema de las heladas primaverales.

Durante los primeros años de la plantación, debido a que son plantas jóvenes sin reservas y que carecen de un sistema leñoso bien formado que las proteja, es un factor de riesgo (que irá disminuyendo a medida que avance la planta en edad). Si hubiera un periodo prolongado en el tiempo de bajas temperaturas durante las primeras etapas de desarrollo vegetativo en los primeros años de la plantación, se procedería a la reposición de los plantones afectados.

A modo de resumen, se aportan a continuación ciertas temperaturas que pueden ser de interés:

- Temperatura media del mes más cálido (julio): 22,5 °C.
- Temperatura media del mes más frío (diciembre): 2,9 °C.
- Julio y Agosto son los meses más cálidos con una temperatura media máxima de 37 °C.
- Diciembre y Enero son los meses más fríos con una temperatura media mínima de -9,6 y -9,4 °C respectivamente.
- Temperatura media anual de las máximas diarias: 26,7 °C.
- Temperatura media anual de las mínimas diarias: -2,1 °C.
- Temperatura media anual: 11,7 °C.
- Temperatura máxima absoluta (agosto 2012): 39,58 °C.
- Temperatura mínima absoluta (diciembre 2009): -16,5 °C.

4.2.1. Cálculo del régimen de heladas según Emberger

Para calcular la probabilidad que existe en la zona de tener un periodo de heladas, se utiliza el cálculo del régimen de heladas según Emberger.

Este método divide el año en periodos según la posibilidad de producirse helada, utilizando la media de las temperaturas mínimas con el siguiente criterio.

- Período seguro de heladas: Se produce cuando la temperatura media de las mínimas es inferior a 0 °C.
- Período frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 0 y 3 °C.
- Período poco frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 3 y 7 °C.
- Período con heladas muy poco frecuentes: Cuando la temperatura media de las mínimas es superior a 7 °C.

Apoyándonos en la Tabla 4, tendremos un periodo seguro de heladas en los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Un periodo frecuente de heladas en mayo, y un periodo poco frecuente de heladas en el resto de meses (junio, julio, agosto y

septiembre). Se puede destacar que no hay ningún mes dentro del grupo de periodo muy poco frecuentes de heladas, debido a que nos encontramos en una zona de fuertes heladas casi todos los meses del año.

5. PRECIPITACION Y HUMEDAD

La precipitación es un factor climático muy importante para el desarrollo de la plantación, pero en este caso no dependemos tanto de la climatología, puesto que se trata de una plantación en regadío. No obstante, un adecuado cálculo de las precipitaciones ayudara contribuirá a la eficiencia de la plantación desde un punto de vista de uso del agua, permitiendo un ahorro (al no tener que aportar con el riego la cantidad de agua que se acumulará con las lluvias).

Tabla 6. Precipitación y humedad relativa en la zona de estudio

MES	Precipitación (mm)	HR media (%)	HR máxima (%)	HR mínima (%)
Enero	17,4	79,7	99,8	22,9
Febrero	17,4	73,2	99,7	15,9
Marzo	25,1	67,3	99,8	12,9
Abril	43,1	66,5	99,4	13,8
Mayo	33,7	61,8	98,9	13,6
Junio	36,7	56,5	98,7	11,1
Julio	14,6	48,3	97,2	9,0
Agosto	28,3	51,9	97,6	9,9
Septiembre	24,8	62,2	99,4	13,1
Octubre	33,2	69,5	99,6	14,3
Noviembre	29,4	76,6	99,7	23,7
Diciembre	12,8	80,4	99,8	21,6
ANUAL	316,5	66,2	99,1	15,1

El promedio anual de la zona rara vez supera los 350 mm/anuales en la depresión del Jiloca, siendo considerada una de las zonas más áridas de España: concretamente tenemos un acumulado anual de 316,5 mm, como se muestra en la Tabla 6.

Las precipitaciones más elevadas las encontramos en primavera y parte del otoño, siendo abril el mes más lluvioso; por el contrario, nos encontramos con un invierno y verano bastante secos, siendo diciembre el mes más seco. A partir de los datos mensuales de precipitaciones, se ha elaborado la Figura 4.

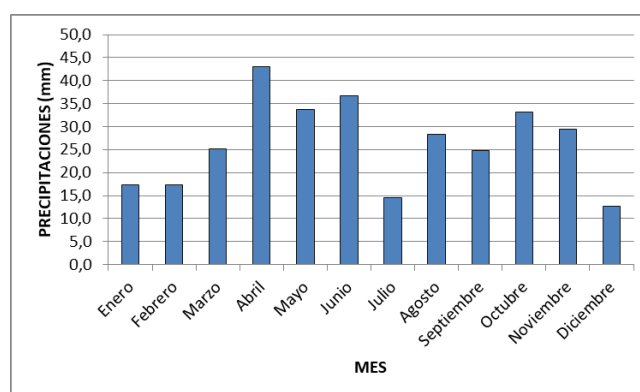


Figura 4. Precipitación acumulada un año medio en Monreal del Campo (Teruel).

Para determinar la época de estío, se utiliza el diagrama ombrotérmico (Figura 5), el cual se obtiene de la relación gráfica entre dos veces la temperatura media y la precipitación. El área en el que la temperatura supera a la precipitación es lo que se determina como época de estío, es decir, la época de sequía. En el caso de estudio, corresponde al periodo comprendido entre finales de junio y finales de agosto. Teniendo en cuenta el diagrama ombrotérmico, se puede calcular el déficit que va a tener la plantación durante estos meses y, por lo tanto, se puede conocer el periodo en el que será necesario el riego.

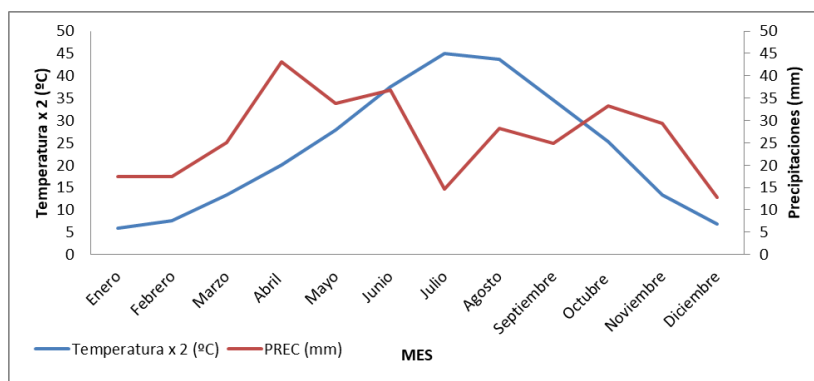


Figura 5. Diagrama ombrotérmico.

La humedad relativa (Figura 6), si bien no es un parámetro clave para el desarrollo del cultivo, servirá para el cálculo de la evapotranspiración. Se puede observar que durante los meses de verano la humedad relativa es menor, coincidiendo con los meses más secos, mientras que en invierno y primavera es más alta, coincidiendo con los meses más lluviosos.

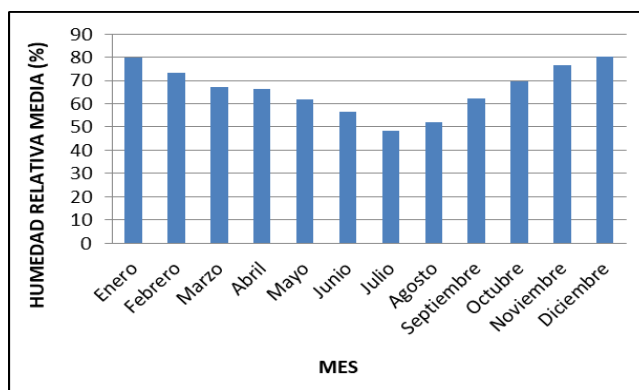


Figura 6. Humedad relativa media a lo largo del año.

6. INSOLACIÓN

Es un factor climático de importancia, ya que tanto su ausencia como su exceso son perjudiciales. Si hay una insolación deficiente en la superficie del árbol, este no se desarrolla correctamente, mientras que si en épocas de altas temperaturas (verano) la insolación es excesiva puede causar daños (como quemaduras en las hojas y el fruto).

Factores como la inclinación de los rayos solares al incidir sobre la superficie terrestre y la época del año influirán en la cantidad de energía solar que recibirán las plantas. La zona se encuentra sobre la latitud 40° N; los datos presentados en la Tabla 7 son los correspondientes a esta latitud.

Tabla 7. Horas de sol y radiación para la latitud 40º N.

Mes	Horas de sol	Radiación (MJ/m ²)
Enero	137	7,4
Febrero	175	10,7
Marzo	218	15,2
Abril	214	18,9
Mayo	251	22,6
Junio	293	25,2
Julio	340	26,8
Agosto	318	23,6
Septiembre	233	18,2
Octubre	178	12,7
Noviembre	142	8,2
Diciembre	125	6,9
Anual	2624	16,4

La zona en la que nos encontramos, según la Figura 20, acumula 2600 horas de sol a lo largo del año.

7. VIENTO

El viento es un factor muy importante por el alto número de árboles por hectárea que vamos a colocar. Ayudará a tener una correcta aireación y una buena ventilación de las copas y del suelo, lo que contribuirá a una buena sanidad vegetal dentro de la plantación. Ahora bien, si se dan fuertes rachas de viento, pueden causar problemas mecánicos (roturas de ramas y deformaciones en la copa de los árboles) y fisiológicos en los árboles (cuando se producen vientos secos pueden causar desecación del terreno y asurado de las hojas).

Tabla 8. Velocidades en m/s y km/h de los vientos medios en la zona.

Mes	Velocidad del viento (m/s)	Velocidad del viento (Km/h)
Enero	1,7	6,0
Febrero	2,1	7,4
Marzo	2,1	7,4
Abril	1,8	6,5
Mayo	1,7	6,0
Junio	1,5	5,5
Julio	1,6	5,8
Agosto	1,6	5,6
Septiembre	1,3	4,7
Octubre	1,3	4,7
Noviembre	1,6	5,8
Diciembre	1,4	5,0

En la Tabla 8 se recogen las velocidades medias que presenta el viento en la zona. A continuación, en la Tabla 9 se muestran las velocidades máximas del viento a tener en cuenta.

Tabla 9. Velocidades en m/s y km/h de los vientos máximos.

Mes	Velocidad del viento (m/s)	Velocidad del viento (km/h)
Enero	13,7	49,3
Febrero	14,1	50,6
Marzo	13,8	49,6
Abril	11,4	41,2
Mayo	11,6	41,7
Junio	10,9	39,2
Julio	11,0	39,7
Agosto	11,0	39,7
Septiembre	9,9	35,8
Octubre	10,3	37,2
Noviembre	12,2	43,9
Diciembre	11,5	41,3

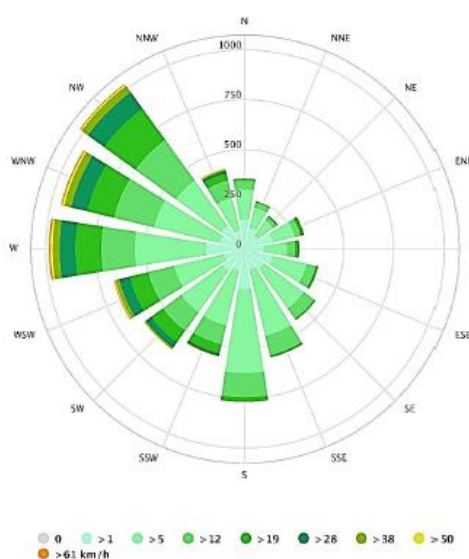


Figura 7. Rosa de los vientos, que representa los vientos dominantes y los más fuertes.

Como se observa en la figura anterior (Figura 7), los vientos dominantes de la zona son los de componente oeste y noroeste. Por lo tanto, se diseñará la plantación de tal forma que estos no supongan un problema y a su vez garanticen una correcta aireación de las copas de los árboles y de la superficie del suelo.

8. NIEVE

En la zona son comunes las nevadas invernales, y en ocasiones primaverales, debido a la altitud (cerca a los 1000 msnm). No es un factor limitante para la producción, debido a que el árbol se encontrará en reposo invernal. La nieve es un excelente aporte de agua para la parcela, ya que permanece en el suelo varios días, de forma que queda disponible para el árbol gradualmente cuando suben las temperaturas. Por lo tanto, se considera un factor beneficioso, debido a que aporta humedad al terreno y mitiga los fríos intensos, evitando congelaciones de las primeras capas del suelo.

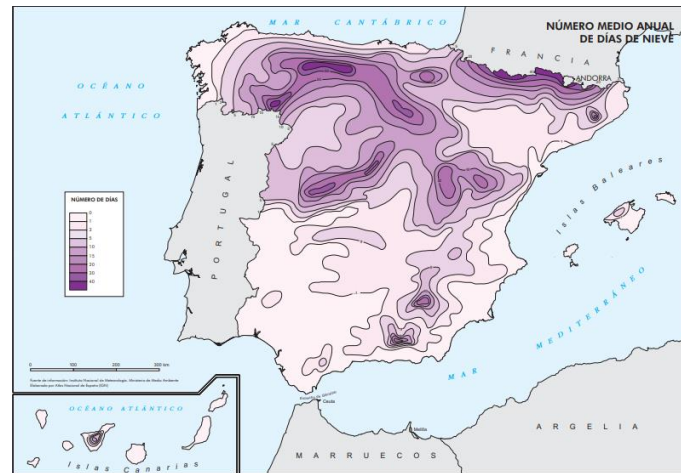


Figura 8. Número medio de días anuales de nieve (IGN, 2010)

Según la Figura 8, en la zona tenemos una media de 10 a 15 días de nevada anuales.

9. GRANIZO

Este fenómeno meteorológico suele desarrollarse durante los meses de calor, durante la primavera y el verano, y es de carácter muy localizado. En la zona es común que se produzcan granizadas, pero suelen ser débiles. Este tipo de acontecimientos causa daños a los árboles y produce grandes pérdidas económicas por la caída del fruto al suelo. Si la tormenta es fuerte y produce lesiones en los árboles, facilitará la entrada de patógenos a través de las heridas causadas.

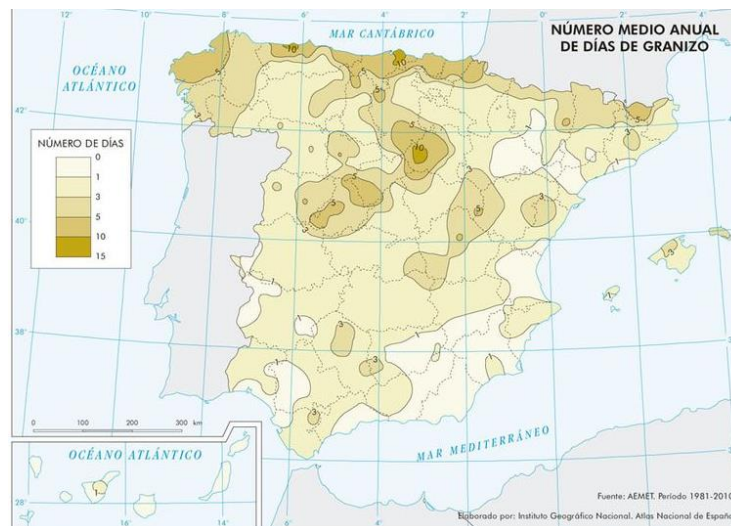


Figura 9. Número de días con riesgo de granizo (IGN, 2010)

Según la Figura 9, en la zona de la plantación tenemos de 3 a 5 días con riesgo de granizo.

10. ÍNDICES CLIMÁTICOS

Estos índices permiten hacer una clasificación del clima de un año medio en una zona concreta a partir de la interpretación de los valores obtenidos de las tablas características de cada índice. Se van a valorar los índices de Lang, Martonne, Dantin-Cereceda y Emberger.

10.1. Índice de Lang

Este índice depende de la temperatura media anual y de la precipitación media anual. Está definido por medio de la expresión:

$$I = \frac{P}{tm}$$

Siendo:

- P: precipitación media anual en mm.
- tm: temperatura media anual en °C.

Para el caso de estudio:

$$I = \frac{316,5}{11,7} = 27,1$$

Según la Tabla 10, la plantación según la clasificación climática se enmarca en una zona árida.

Tabla 10. Valores índice de Lang

Valores índice de Lang	Clasificación
0<IL<20	Desiertos
20<IL<40	Zona árida
40<IL<60	Zona húmeda de estepa o sabana
60<IL<100	Zona húmeda de bosques ralos
100<IL<160	Zona húmeda de bosques densos
IL>160	Zona hiperhúmeda de prados y tundras

10.2. Índice de Martonne

Este índice se obtiene mediante la fórmula y la tabla que se presentan a continuación:

$$I = \frac{P}{(tm + 10)}$$

donde:

- P: precipitación media anual en mm.
- tm: temperatura media anual en °C

Para nuestro caso:

$$I = \frac{P}{(tm + 10)} = \frac{316,5}{(11,7 + 10)} = 14,6$$

Conociendo el valor de I=14,6, en base a la Tabla 11, podemos afirmar que nuestra la zona, según el índice de Martonne, corresponde a una región de estepas y países secos mediterráneos.

Tabla 11. Rangos del índice de Martonne.

Valores índice de Martonne	Clasificación
0<IM<5	Desierto
5<IM<10	Semidesierto
10<IM<20	Estepas y países secos mediterráneos
20<IM<30	Regiones de olivo y de cereales
30<IM<40	Regiones subhúmedas de prados y bosques
IM>40	Zonas de húmedas a muy húmedas

10.3. Índice de Dantin-Cereceda y Revenga

Este índice termopluviométrico, como los dos métodos anteriores, se basa en datos de temperatura media anual y precipitación media anual. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{tm}{P} \times 100$$

donde tm representa la temperatura media ($^{\circ}\text{C}$) y la P la precipitación anual (mm).

$$I = \frac{tm}{P} \times 100 = \frac{11,7}{316} \times 100 = 3,7$$

Para nuestro caso, según la Tabla 12, nos encontramos en una zona árida.

Tabla 12. Rango de índices de Dantín Cereceda y Revenga.

Valor	Clasificación
0-2	Húmedo
2-3	Semiárido
3-6	Árido
>6	Subdesértico

10.4. Índice de Emberger

El último de los índices estudiados para caracterizar el clima de la zona es el Emberger, el cual clasifica según los valores de la Tabla 13, y tiene la siguiente fórmula:

$$I = \frac{100 \times P}{T^2 + t^2}$$

En la fórmula anterior la P representa las precipitaciones anuales (mm), y la T y t representan la temperatura máxima media anual y la temperatura mínima media, respectivamente.

$$I = \frac{100 \times P}{T^2 + t^2} = \frac{100 \times 316}{26,7^2 + (-2,1)^2} = 44.05$$

Así pues, con los resultados obtenidos y la Tabla 13, se puede determinar que el clima de un año medio en la zona según este índice es semiárido.

Tabla 13. Clasificación según Índice de Emberger.

Valores	Clasificación
0-30	Árido
30-50	Semiárido
50-90	Subhúmedo
90-200	Húmedo
>200	Hiperhúmedo

11. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

11.1. Clasificación climática de Köppen

Esta es la clasificación climática más conocida y de mayor aplicación por los geógrafos. Su punto de partida consiste en que la vegetación natural constituye un indicador del clima, y algunas de sus categorías se apoyan en los límites climáticos de ciertas formas de vegetales. Los climas son definidos por los valores medios anuales y mensuales de temperatura y precipitación. Con estos criterios, quedan definidos cinco grandes grupos, reconocidos por las letras mayúsculas siguientes (Tabla 14):

Tabla 14. Tipos de clima según clasificación de Köppen.

A Clima tropical lluvioso
Todos los meses la temperatura media es superior a 18°C No existe estación invernal y las lluvias son abundantes
B Climas secos
La evaporación es superior a la precipitación No hay excedente hídrico
C Climas templados y húmedos
El mes más frío tiene una temperatura media comprendida entre 18°C y -3°C, y la temperatura media del mes más cálido supera los 10°C
D Climas templados de invierno frío
La temperatura media del mes más frío es inferior a -3°C y la del mes más cálido está por encima de los 10°C
E Climas polares
No tienen estación más cálida y el promedio mensual de las temperaturas siempre inferior a 10°C

En nuestro caso:

- Temperatura media del mes más frío: Tmed Enero = 2,9 °C → está entre 18 y -3°C
- Temperatura media del mes más cálido: Tmed Julio = 22,5 °C → superior a 10 °C

Por lo tanto, según este primer criterio, se puede definir nuestro clima como clima templado y húmedo.

A su vez, a los grupos anteriores se dividen en subgrupos más específicos identificados mediante letras minúsculas, teniendo en cuenta la distribución estacional de las precipitaciones (Tabla 15):

Tabla 15. Subgrupos climáticos según Köppen

f	Lluvioso todo el año, ausencia de periodo seco
s	Estación seca en verano
w	Estación seca en invierno
m	Precipitación de tipo monzónico

En este caso, estaríamos en la letra s, ya que para nuestra zona de estudio el verano (junio, julio y agosto) es un periodo seco.

Se utiliza a continuación una tercera letra en esta clasificación para describir mejor el régimen térmico (Tabla 16):

Tabla 16. Clasificación de Köppen según las temperaturas

a	Temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C
b	Temperatura media del mes más cálido inferior a 22 °C, pero con temperaturas medias de al menos temperaturas medias de al menos cuatro meses superiores a 10 °C
c	Menos de cuatro meses con temperatura media superior a 10 °C
d	El mes más frío está por debajo de -38 °C
h	Temperatura media anual superior a 18 °C
k	Temperatura media anual inferior a 18 °C

Por último, nos encontraríamos en la letra a, debido a que la temperatura media del mes más cálido, Julio, es de 22,5 °C.

Recopilando, llegamos a la clasificación de nuestro clima según Köppen: clima templado y húmedo (Csa).

12. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO

Se denomina bioclimática porque relaciona las condiciones climáticas con el desarrollo de la vida vegetal y animal. La clasificación UNESCO-FAO realiza un agrupamiento por características térmicas y de aridez.

12.1. Características térmicas

Se basa en las temperaturas medias del mes más frío y en la media de las mínimas del mes más frío:

- t_m = temperatura media del mes más frío (°C)
- t_1 = temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)

Tomando como referencia temperatura media del mes más frío (t_m), en nuestro caso enero con 2,9 °C, según la **Error! Reference source not found.**, nos encontramos en el Grupo 1, ya que nuestra temperatura es mayor a 0 °C y más concretamente templado-medio.

Tabla 17. Rangos de clasificación de una zona en función de la temperatura, según UNESCO-FAO.

Clase	Condición
Grupo 1	$t_m > 0$
Cálido	$t_m \geq 15$
Templado-cálido	$15 > t_m > 10$
Templado-medio	$10 > t_m > 0$
Grupo 2	$0 \geq t_m$
Templado-frío	$0 > t_m > -5$
Frío	$-5 > t_m$
Grupo 3	$0 > t_m$
Glacial	$0 > t_m$

Además, con este método, se concede importancia al rigor de la estación fría, por lo que se definen los siguientes tipos de invierno en función de la temperatura media de mínimas del mes más frío (t_1).

En nuestro caso según la Tabla 18, con una temperatura media del mes más frío de 2,9 °C, tenemos un invierno moderado.

Tabla 18. Tipo de invierno según UNESCO-FAO.

Tipo de invierno	Condición
Sin invierno	$t_1 \geq 11$
Cálido	$11 > t_1 \geq 7$
Suave	$7 > t_1 \geq 3$
Moderado	$3 > t_1 \geq -1$
Frío	$-1 > t_1 \geq -5$
Muy frío	$-5 > t_1$

12.2. Aridez

Este aspecto se clasifica, al igual que el anterior, por medio de tablas. Esta clasificación se realiza en función de los periodos de sequía que ocurren en la zona. Se distinguen los siguientes tipos:

- Axérico: la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica.
- Monoxérico: solamente aparece un periodo seco a lo largo del año.
- Bixérico: aparecen dos periodos secos a lo largo del año

Por lo tanto, en base a la Figura 5 de este mismo anejo, se determina que la zona tiene, por lo general, un periodo seco de tres meses, siendo estos tres meses los de verano (julio, agosto y septiembre), por lo que se puede concluir que el clima es monoxérico mediterráneo (Tabla 19).

Tabla 19. Clasificación del clima según las condiciones de UNESCO-FAO.

TIPO DE CLIMA	CONDICIÓN
Desértico cálido	Periodo seco superior a 11 meses
Subdesértico cálido	Periodo seco de 9 a 11 meses
Mediterráneo	Periodo seco de 1 a 8 meses (días más largos)
Tropical	Periodo seco de 1 a 8 meses (días más cortos)
Bixérico	Dos periodos secos sumando en total de 1 a 8 meses
Axérico	Ningún periodo seco

12.3. Clasificación agroclimática de Papadakis

Para esta clasificación se tratan los siguientes parámetros: rigor del invierno, calor en verano, régimen estacional de humedad, y coeficiente anual de humedad. El resultado se puede obtener de manera gráfica mediante mapas de isolíneas.

12.3.1. Rigor del invierno

Para la determinación de este parámetro se toman una serie de cultivos indicadores en función de sus exigencias térmicas y su respuesta ante las heladas. Para este parámetro, los tipos climáticos que se comparan son los siguientes.

- **Ecuatorial (Ec):** no existen heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío es superior a 18 °C.
- **Tropical (Tp):** no existen heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío varía entre 8 y 18 °C.
- **Citrus (Ci):** hay heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío varía entre -2.5 y 7 °C.

- **Avena (Av):** corresponde a una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, variable entre -10 y -2.5 °C.
- **Triticum (Ti):** la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío varía entre -10 y -29 °C.
- **Primavera (Pr):** la temperatura de las mínimas absolutas del mes más frío es inferior a -29 °C.

Los datos climáticos de la zona para este parámetro son:

- Temperatura media de las medias del mes más frío: 2.9 °C.
- Temperatura media de las mínimas del mes más frío: -9.4 °C.
- Temperatura media de las máximas del mes más frío: 16.4 °C.

por tanto, la zona de la plantación corresponde a una zona de Avena (Av).

12.3.2. Calor en verano

Al igual que en la determinación del rigor del invierno, en este parámetro también se da una serie de cultivos indicadores.

- **Algodón (G):** periodo libre de heladas superior a 4,5 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido superior a 25 °C.
- **Cafeto (C):** ausencia total de heladas. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido superior a 21 °C.
- **Arroz (O):** periodo libre de heladas superior a 4 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido superior a 21-25 °C.
- **Maíz (M):** periodo libre de heladas superior a 4.5 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido superior a 21 °C.
- **Triticum (T):** periodo libre de heladas superior a 4.5 meses (Triticum cálido) o a 2.5 meses (Triticum menos cálido) y la temperatura media de las máximas del semestre más cálido inferior a 21 °C
- **Polar cálido (P):** periodo libre de heladas inferior a 2.5 meses y la temperatura media de las máximas de los cuatro meses más calurosos superior a 10 °C.

En el caso de la zona de la zona de la plantación, la temperatura media de las máximas del semestre más cálido es 33,4 °C, por lo que -según Papadakis- estaríamos entre Maíz y Arroz, ya que las temperaturas coinciden y que el periodo libre de heladas oscila entre 4-4,5 meses según el año.

12.3.3. Clases térmicas

En este caso, se puede observar en el mapa (Figura 10) que la zona de estudio está situada en el templado fresco (Te).



Figura 10. Clasificación del clima en el territorio español, según Papadakis.

12.3.4. Caracterización hídrica

Al igual que en la determinación de la clase térmica, para este parámetro también se utilizará un mapa de isóneas (Figura 11), el cual determina el clima de la zona en función de la humedad. En el mapa se puede observar como la zona de desarrollo del proyecto se sitúa en un clima mediterráneo seco (Me).

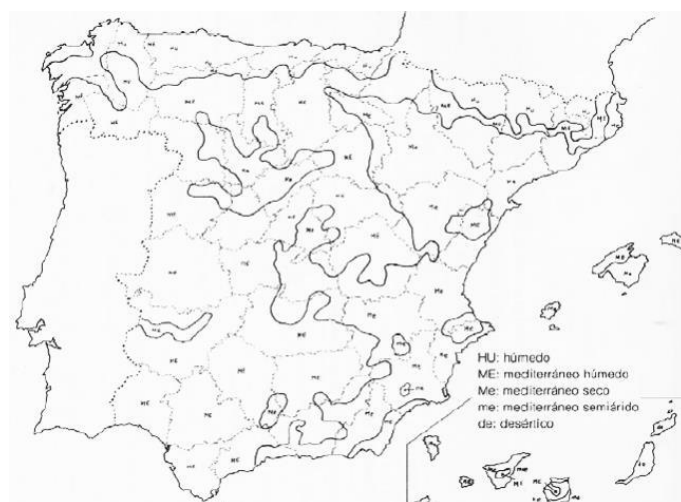


Figura 11. Caracterización hídrica, según Papadakis.

13. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa, junto con la pérdida por transpiración de las plantas. Por lo tanto, el cálculo de la ET se usa para saber el agua que necesitan las plantas para su correcto desarrollo y poder establecer así necesidades y calendario de riegos. Es un parámetro útil para conocer la situación de estrés hídrico en la que se encuentra el cultivo. En la zona de estudio, tenemos una evapotranspiración próxima a los 1000 mm/anuales, según el método FAO Penman-Monteith.

Tabla 20. Valores de evapotranspiración potencial durante los meses del año

Mes	ETP _{Mon}
Enero	38,7
Febrero	52,08
Marzo	88,04
Abril	104,7
Mayo	137,7
Junio	163,8
Julio	186,3
Agosto	171,9
Septiembre	117
Octubre	77,4
Noviembre	51,6
Diciembre	34,8
TOTAL	1224,7 mm

Tomando como referencia la Figura 12, para comparar el valor obtenido, comprobamos que para nuestra zona también tenemos un valor de 1100 mm (similar al obtenido en la Tabla 20).

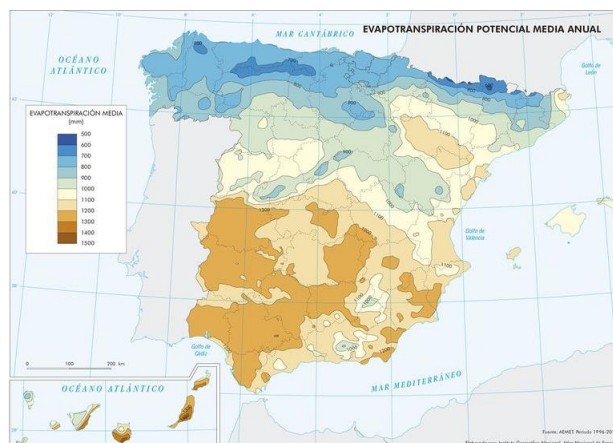


Figura 12. Evapotranspiración potencial media anual. (IGN, 2010)

14. CONCLUSIÓN

Se llega a la conclusión de que, desde el punto de vista climático, el almendro es un cultivo viable para la zona estudiada, siempre y cuando se elijan variedades de floración tardía-extra tardía para evitar el riesgo de heladas durante la floración (muy comunes en el lugar) y se dote a la plantación de un sistema de riego adecuado que permita garantizar una producción abundante y de calidad.

15. DATOS

Tabla 21. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2006).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	1,72	11,87	-10,9	83,98	100	24,91	1,32	9,86	6,44	23,2	20,08
Febrero	1,95	15,65	-10,09	72,25	100	13,76	1,5	12,93	10,85	16	34,08
Marzo	7,91	24,36	-8,13	65,55	100	14,3	2,49	14,58	14,65	1,7	78,12
Abril	10,98	24,17	-5,35	62,01	100	11,93	1,72	10,19	20,41	22,7	104,04
Mayo	15,96	35,18	-0,61	53,33	99	10,9	1,62	10,76	22,84	23,9	142,88
Junio	19,2	34,43	0,81	55,3	100	9,96	1,51	12,73	24,61	52,5	159,52
Julio	23,5	37,32	9,87	47,98	98	9,75	1,61	15,15	25,49	13,5	187,57
Agosto	18,99	34,03	5,07	51,18	92,2	11,65	1,61	8,99	24,34	0	155,17
Septiembre	17,74	35,45	4,87	63,04	98,5	9,21	1,62	10,11	17,11	55,5	107,48
Octubre	14,3	28,7	1,56	69,43	100	22,97	1,87	10,22	11,7	30	71,23
Noviembre	9	19,57	-3,12	79,42	100	25,08	1,64	10,64	7,38	26	34,39
Diciembre	1,92	16,07	-9,07	80,54	100	27,88	1,39	12,95	6,48	9,1	22,28

Tabla 22. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2007).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	2,44	18,42	-14,36	81,06	100	23,39	1,3	11,54	7,2	8,7	24,7
Febrero	6,26	17,69	-13,36	75,79	100	10,31	2,21	17,78	9,06	42,8	43,08
Marzo	5,6	21,95	-6,03	66,94	100	14,04	2,52	19,69	14,42	46,6	69,72
Abril	9,27	24,3	-1,57	76,67	100	19,24	1,44	12,03	15,2	98,9	74,28
Mayo	12,92	28,36	0,67	68,04	100	13,55	1,68	10,19	21,48	64,2	116,83
Junio	17,9	33,21	3,24	56,77	100	13,14	1,49	8,24	24,86	10,3	150,19
Julio	21,46	36,87	3,52	42,75	91,4	7,25	1,64	9,53	27,93	0	190,05
Agosto	19,61	37,89	2,37	50,57	96,4	7,31	1,69	13,53	22,85	18,1	157,66
Septiembre	16,24	30,17	-1,56	61,04	100	11,45	1,2	8,32	18,37	16	100,09
Octubre	10,48	27,21	-2,3	72,4	100	8,4	1,23	12,14	11,88	15,4	57,84
Noviembre	3,72	20,19	-13,48	63,21	100	3,93	1,1	10,22	10,09	1,4	33,13
Diciembre	2,08	15,25	-12,6	79,4	100	9,77	1,15	10,54	6,68	14,3	19,96

Tabla 23. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2008).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	3,94	16,54	-9,41	77,84	100	0	1,27	15,3	7,7	6,1	27,86
Febrero	5,47	19,38	-7,85	75,93	100	10,3	1,3	10,03	10,28	18,2	38,59
Marzo	6,1	23,03	-7,92	65,83	100	8,95	2,58	15,68	15,48	15,1	77,46
Abril	10,31	27,41	-2,85	60,93	100	11,52	2,27	14,4	20,42	23,5	106,72
Mayo	12,56	28,43	-0,2	70,84	100	10,03	1,6	10,46	18,11	110,9	105,54
Junio	16,51	33,9	3,72	66,62	100	11,79	1,48	10,56	23,54	68,5	136,47
Julio	21,62	36,19	6,09	47,73	98	8,2	1,65	12,7	27,68	3,3	190,77
Agosto	21,59	36,87	7,38	49,24	97	7,39	1,73	9,46	23,82	7,2	170,61
Septiembre	15,86	30,33	2,3	61,01	100	10,3	1,47	8,77	17,98	22,9	104,06
Octubre	10,82	23,63	-1,28	75,78	100	14,5	1,34	11,02	11,16	87,8	54,5
Noviembre	3,62	17,49	-9,41	80,49	100	27,93	1,52	11,6	8,14	28,6	27,93
Diciembre	2,24	14,38	-8,87	80,04	100	22,85	1,74	11,21	5,49	14,5	21,8

Tabla 24 .Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2009).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	1,64	16,48	-10,5	84,54	100	27,32	1,8	17,13	6,3	36	25,28
Febrero	3,05	19,05	-8,12	72,56	100	7,73	1,87	12,02	11,96	4,8	40,83
Marzo	6,69	22,83	-4,8	64,96	100	0	1,58	14,48	15,41	23	70,98
Abril	8,12	24,99	-0,88	69,45	98,4	9,08	1,93	11,95	18,34	43,5	85,37
Mayo	15,98	31,07		54,68	96,8		1,85	16,93	24,22	14,1	152,03
Junio	20,23	37,82	2,91	46,99	96,1	7,86	1,66	12,86	25,57	12,2	169,45
Julio	23,75	37,68	4,88	40,34	92	7,11	2,2	13,67	28,42	3,9	220,87
Agosto	22,94	36,33	10,68	51,25	97,5	11,72	1,75	11,54	23,94	81,1	176,42
Septiembre	16,39	33,01	4,07	66,41	98,6	17,21	1,39	9,47	17,25	39,8	100,14
Octubre	13,16	29,24	-4,53	64,41	97,1	11,19	1,48	15,93	13,41	4,4	72,24
Noviembre	8,6	23,64	-4,53	65,96	97,6	18,16	2,32	15,71	8,22	8,5	50,62
Diciembre	3,73	16,55	-16,53	78,11	98,3	29,23	2,24	14,78	6,42	28,8	28,23

Tabla 25. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2010).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	1,75	11,69	-13,68	82,2	98,2	39,5	2,19	15,46	6,19	17,3	23,93
Febrero	3,6	17,25	-7,04	72,99	97,7	13,9	2,62	16,32	9,5	27	41,25
Marzo	5,43	19,59	-7,58	68,63	97,9	11,19	2,32	12	13,62	38,9	68,79
Abril	10,06	26,55	-3,24	71,34	97,3	20,81	1,59	8,67	18,97	74,9	90,93
Mayo	11,33	26,6	-0,4	68,02	96,8	16,67	1,91	11,95	22,33	16	117,94
Junio	16,58	32,29	0,75	65,25	96,9	13,41	1,37	9,68	23,25	19,1	133,26
Julio	22,98	36,68		50,58	96,8		1,34	9,61	26,82	0,8	182,75
Agosto	21,19	37,22	5,69	53,33	96,8	9,62	1,46	11,02	23,89	21,9	160,61
Septiembre	16,52	32,02	0,41	63,66	97,9	12,27	1,25	9,74	17,9	16,9	99,3
Octubre	10,75	27,7	-3,78	64,81	99,2	10,57	1,56	10,46	13,82	20,3	68,96
Noviembre	4,56	19,79	-8,18	79,01	99	25,63	1,66	12,63	8,45	9,2	30,98
Diciembre	3,26	16,56	-11,17	73,7	99,4	18,79	1,82	9,99	6,92	14,8	27,8

Tabla 26. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2011).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	2,73	17,7	-13,68	78,6	99,7	19,68	1,28	10,41	7,73	9,3	25,79
Febrero	4,2	18,98	-6,9	71,13	98,9	10,51	1,71	11,1	11,54	14,5	39,6
Marzo	6,46	20,86	-5,47	72,76	99,6	25,16	1,85	12,81	13,17	14,5	61,88
Abril	12,71	28,97	-0,74	63,68	97,6	10,78	1,69	9,34	20,6	11,4	109,13
Mayo	14,91	31,14	1,56	67,24	97,4	12,26	1,38	12,36	23,06	67,1	128,61
Junio	18,54	36,27	4,27	57,67	96,8	11,79	1,6	9,6	26	30,5	160,04
Julio	20,88	36,07	5,76	49,04	95,2	9,28	1,73	9,68	27,21	7,65	183,27
Agosto	23,16	36,8	6,23	47,87	96,7	11,72	1,8	11,76	24,66	12,38	183,14
Septiembre	18,92	34,37	1,36	56,79	98,9	9,96	1,22	8,76	19,88	9,8	116,37
Octubre	12,53	29,85	-2,37	63,6	99,2	10,91	1,29	9,29	14,22	5,35	68,45
Noviembre	8,16	20,33	-3,12	84,22	100	41,09	1,57	10,69	7,11	41,48	29,55
Diciembre	3,56	15,2	-8,12	79,09	100	25,57	1,47	12,77	7,66	1,88	23,28

Tabla 27. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2012).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	2,5	15,81	-7,78	80,63	100	17,09	1,34	12,68	8,3	14,65	25,53
Febrero	0,3	18,37	-12,05	64,05	100	11,93	2,15	15,15	13,05	4,36	40,78
Marzo	6,98	23,5	-6,16	59,39	100	9,15	1,64	10,6	19,2	10,5	83,57
Abril	8,58	23,3	-4,87	67,76	99,4	16,27	2,61	12,59	18,27	46,23	91,69
Mayo	16,19	34,03	0,14	55,02	96,8	12,6	1,92	12,82	24,57	3,56	154,38
Junio	21,24	36,67	4,8	47,75	98,6	10,98	2,07	11,74	27,7	18,91	192,27
Julio	21,96	36,74	4,61	46,81	96,3	7,65	1,95	10,05	28,62	3,86	198,08
Agosto	24,18	39,58		41,63	92,1	6,98	2,07	15,56	23,82	2,28	190,81
Septiembre	16,92	34,37	3,12	56,91	98,9	9,48	1,78	11,05	18,01	33,36	113,49
Octubre	12,48	28,9	-3,72	73,34	100	12,67	1,57	12,58	12,33	77,41	64,58
Noviembre	7,22	17,84	-5,41	82,58	100	44,16	1,92	12,27	7,21	44,35	30,33
Diciembre	4,23	20,07	-7,92	76,66	100	11,66	1,68	11,7	7,62	7,92	27,67

Tabla 28. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2013).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	3,42	16,28	-6,3	78,16	100	28,21	2,47	18,55	7,87	18,61	31,08
Febrero	3,13	16,35	-5,21	74,88	100	26,92	2,98	14,51	9,51	13,66	37,73
Marzo	7	17,22	-5,55	72,41	100	22,04	2,76	15,73	13,88	43,07	68,83
Abril	8,69	28,09	-4,26	68,98	100	14,64	2,15	14,3	18,98	60,78	92,91
Mayo	9,82	24,25	-1,01	71,94	100	16,4	1,8	11,89	20,76	16,53	103,05
Junio	16,11	33,71	1,69	64,52	100	13,48	1,5	9,86	24,99	44,74	142,81
Julio	22,35	35,38	8,26	51,91	100	13,14	1,48	9,77	24,67	20,69	177,2
Agosto	21,02	37,95	7,24	58,37	100	8,74	1,47	9,15	21,79	66,92	155,33
Septiembre	17,6	31,27	4,07	63,63	100	13,48	1,37	9,45	18,68	19,3	109,01
Octubre	13,89	28,7	-4,12	65,03	100	12,74	1,52	9,02	13,48	3,76	76,21
Noviembre	5,64	23,91	-10,22	74,81	100	15,05	2,09	12,96	7,89	48,01	36,73
Diciembre	2,17	15,26	-8,67	80,58	100	22,11	1,36	12,8	7,45	13,27	23,26

Anejo 3: Estudio climático

Tabla 29. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2014).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	4,92	16,82	-3,18	77,75	100	24,69	2,1	14,39	6,49	23,76	31,04
Febrero	4,61	16,22	-5,28	74,3	100	26,66	2,49	16,41	9,52	20,79	43,47
Marzo	7,06	23,57	-4,53	66,27	100	11,66	2,21	15,83	15,48	12,67	73,71
Abril	12,37	26,47	-0,26	63,17	100	11,05	2,01	11,14	20,02	22,97	110,89
Mayo	13,55	28,36	-1,9	55,17	100	9,62	1,95	10,16	23,07	16,83	137,86
Junio	18,76	33,89	3,12	54,17	100	7,25	1,88	11,22	25,53	49,01	168,71
Julio	20,03	36,13	5,88	54,98	100	10,23	1,87	10,07	26,16	34,56	174,58
Agosto	21,79	34,84	7,38	53,6	100	12,19	1,75	14,21	24,88	42,6	173,91
Septiembre	18,67	33,62	4,4	65,14	100	14,97	1,29	8,67	17,85	53,7	106,55
Octubre	14,74	28,29	3,12	66,82	100	11,12	1,38	8,55	13,77	4,3	73,82
Noviembre	8,62	22,96	-2,03	79,71	100	21,28	1,82	10,34	7,96	53,1	36,64
Diciembre	3,36	13,65	-8,87	82,34	100	22,53	1,68	12,55	6,74	19	21,59

Tabla 30. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2015).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	2,13	17,36	-8,33	74,15	100	16,62	1,92	13,51	8,95	12,2	31,61
Febrero	2,57	13,32	-9,68	77,31	100	29,84	2,89	13,51	9,57	8,6	36,06
Marzo	6,98	22,01	-7,24	69,95	100	11,25	1,84	12,54	13,89	51,7	64,63
Abril	10,8	25,67	-2,84	64,13	100	17,15	1,56	10,43	19,98	18,9	98,33
Mayo	15,96	36,26	-0,94	53,86	100	7,72	1,8	12,15	25,46	18,6	156,24
Junio	19,29	36,33	6,63	59,68	100	12,33	1,18	14,38	25,38	39,98	150,27
Julio	24,7	38,56	11,03	47,96	97,7	9,01	1,5	10,8	26,72	26,1	194,47
Agosto	22,04	38,23	6,43	55,82	100	10,09	1,57	11,61	22,78	21,7	158,58
Septiembre	16,15	30,19	2,91	60,56	100	14,36	1,28	8,51	18,21	8,3	98,8
Octubre	12,27	23,76	-3,11	72,56	100	22,23	1,25	9,75	11,32	13,6	58,22
Noviembre	8,25	24,45	-6,16	75,31	100	16,13	1,23	12,96	9,27	33,05	32,41
Diciembre	5,76	20,27	-5,89	73,37	99,6	19,25	0,63	7,87	7,96	0,79	19,25

Tabla 31. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2016).

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	5,89	19,25	-6,76	76,58	99,2	30,85	1,68	16,71	6,86	29,11	30,74
Febrero	4,54	16,89	-8,8	72,72	99,2	20,82	2,23	13,85	9,96	36,98	41,12
Marzo	5,28	23,37	-6,63	71,28	99	13,55	1,91	12,74	13,23	30,89	61,63
Abril	8,86	22,09	-4,8	66,04	99	13,49	1,72	10,14	16,91	20,59	84,97
Mayo	13,14	29,11	-5,14	60,52	98,1	14,97	1,59	11,43	21,22	20,39	121,69
Junio	19,28	34,72	0,55	50,9	98,8	9,15	1,61	11,02	26,84	26,04	168,05
Julio	23,1	39,17	3,8	46,01	95,4	8,81	1,44	10,08	27,76	6,73	186,61
Agosto	22,34	36,67	5,82	48,9	97,7	11,18	1,3	8,06	25,32	24,46	165,12
Septiembre	18,24	36,87	4,73	58,24	99,1	11,85	1,2	11,87	18,57	4,16	106,89
Octubre	13,08	27,89	-0,06	71,72	99,3	12,81	0,89	7,85	11,88	42,87	57,11
Noviembre	6,39	22,56	-4,46	78,3	99,1	23,25	1,18	12,02	7,44	56,17	29,11
Diciembre	3,45	15,05	-9,07	91,29	100	25,16	0,68	6,59	6,14	4,59	14,28

Tabla 32. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2017)

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	1,97	16,75	-11,51	80,01	100	23,47	1,48	12,41	7,62	11,12	22,95
Febrero	5,94	19,46	-5,69	74,21	100	18,92	1,76	19,48	10,82	7,75	41,12
Marzo	8,88	25,19	-2,44	67,37	100	16,47	1,47	11,43	17,36	21,02	76,29
Abril	10,58	27,62	-4,6	57,56	100	9,49	1,26	10,99	21,55	14,18	101,11
Mayo	16,65	32,83	-0,54	54,63	100	16,87	1,3	10,02	23,49	31,51	140,56
Junio	21,55	37,55	6,63	55,32	100	13,21	1,37	9,82	24,7	102,35	159,89
Julio	22,97	39,58	6,77	51,7	100	12,33	1,41	11,97	25,91	30,3	179,76
Agosto	22,21	37,28	5,41	54,81	100	10,5	1,29	10,09	21,92	41,71	150,49
Septiembre	16,13	30,85	0,75	63,4	100	15,24	1,12	8,64	19,02	6,53	97,89
Octubre	13,82	30,04	-1,01	68,08	100	15,85	0,81	6,58	14,15	7,1	63,2
Noviembre	5,98	20,34	-8,8	65,68	100	18,03	1,19	10,41	9,7	5,51	31,88
Diciembre	2,68	14,18	-9,14	81,37	100	19,53	1,46	14	6,82	6,32	20,99

Tabla 33. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2018)

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	4,29	19,86	-6,5	83,66	100	22,71	1,51	11,18	8,08	17,85	26,7
Febrero	2,26	15,93	-11,58	81,82	100	15,39	1,76	10,46	9,41	24,99	29,88
Marzo	6,18	20,94	-4,74	72,08	100	13,42	2,5	15,91	14,26	23,57	66,02
Abril	10,31	24,93	-2,3	65,06	100	17,82	1,6	11,65	18,43	74,4	91,96
Mayo	12,91	26,07	-2,03	69,62	100	22,91	1,4	8,79	20,54	57,14	111,7
Junio	17,79	34,97	5,14	66,81	100	14,97	1,06	8,42	21,53	39,01	127,66
Julio	22,9	36,13	9,34	49,67	100	6,57	1,21	12,23	26,74	19,89	177,69
Agosto	21,76	37,35	9	58,25	100	11,65	1,14	8,61	22,98	42,38	148,87
Septiembre	18,74	32,36	6,56	69,08	100	19,65	0,88	13,12	18,57	42,73	99,47
Octubre	11,17	27,55	-1,56	76,46	100	18,1	1,12	11,52	11,52	119,18	55,48
Noviembre	7,07	18,24	-4,06	85,66	100	14,71	1,09	13,49	7,48	22,04	26,71
Diciembre	4,62	20,86	-6,9	84,29	100	23,33	0,84	8,52	7,16	16,17	19,54

Tabla 34. Datos climáticos; Oficina del Regante Monreal del Campo (2019)

Mes	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon
Enero	1,66	15,05	-9,2	77	100	21,77	1,48	12,63	8,35	15,88	25,17
Febrero	5,28	22,76	-6,09	65,51	100	5,69	1,29	13,24	14,19	3,23	45,45
Marzo	7,44	26,6	-6,76	58,35	100	10,03	1,3	8,87	18,55	18,23	79,43
Abril	8,74	22,28	-3,99	73,62	100	9,56	1,57	12,37	16,23	70,36	78,15
Mayo	12,88	29,99	-2,43	61,9	100	12,26	1,63	12,12	24,91	11,66	131,03
Junio	20,46	39,31	-1,28	43,8	95,2	5,69	1,47	12,31	28,3	1,18	176,04
Julio	23,27	38,02	8,06	49,1	100	7,52	1,35	8,98	25,33	33,23	178,26
Agosto	22,64	37,68	7,51	51,96	100	7,93	1,21	10,82	23,37	13,23	157,15
Septiembre	17,25	32,27	3,52	62,49	100	14,5	1,22	12,8	17,75	18,33	100,2
Octubre	13,7	29,62	1,89	68,97	100	15,92	1,16	9,66	12,91	33,53	67,29
Noviembre	6,94	21,29	-3,72	77,67	100	36,76	2,12	14,89	8,16	33,81	36,07
Diciembre	5,2	18,17	-7,04	84,59	100	24,28	1,43	14,18	6,58	27,24	21,86

Tabla 35. Datos climáticos promedios; Oficina del regante Monreal del Campo (2006-2019)

MES	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mínima (°C)	Hum Media (%)	Hum Máx (%)	Hum Mín(%)	Vel Viento (m/s)	Vel Viento Máx (m/s)	Radiación (MJ/m2)	PREC (mm)
Enero	2,9	16,4	-9,4	79,7	99,8	22,9	1,7	13,7	7,4	17,4
Febrero	3,8	17,7	-8,4	73,2	99,7	15,9	2,1	14,1	10,7	17,4
Marzo	6,7	22,5	-6,0	67,3	99,8	12,9	2,1	13,8	15,2	25,1
Abril	10,0	25,5	-3,0	66,5	99,4	13,8	1,8	11,4	18,9	43,1
Mayo	13,9	30,1	-1,0	61,8	98,9	13,6	1,7	11,6	22,6	33,7
Junio	18,8	35,4	3,1	56,5	98,7	11,1	1,5	10,9	25,2	36,7
Julio	22,5	37,2	6,8	48,3	97,2	9,0	1,6	11,0	26,8	14,6
Agosto	21,8	37,1	6,6	51,9	97,6	9,9	1,6	11,0	23,6	28,3
Septiembre	17,2	32,7	3,0	62,2	99,4	13,1	1,3	9,9	18,2	24,8
Octubre	12,7	27,9	-1,5	69,5	99,6	14,3	1,3	10,3	12,7	33,2
Noviembre	6,7	20,9	-6,2	76,6	99,7	23,7	1,6	12,2	8,2	29,4
Diciembre	3,4	16,5	-9,3	80,4	99,8	21,6	1,4	11,5	6,9	12,8
Media Anual	11,7	26,7	-2,1	66,2	99,1	15,1	1,6	11,8	16,4	316,5

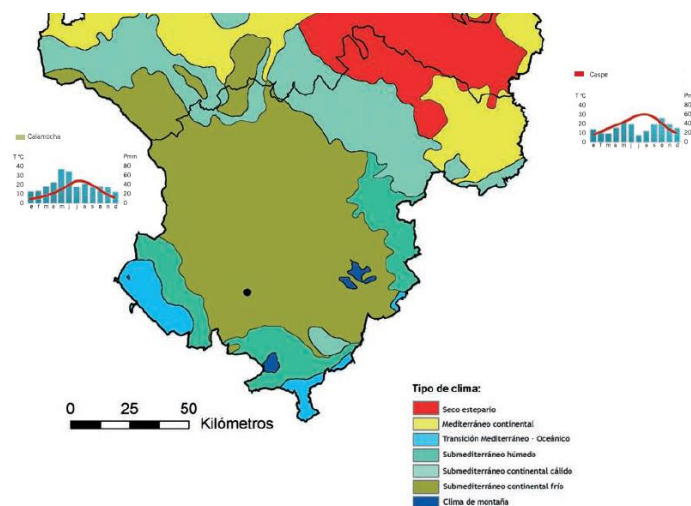


Figura 13. Atlas climático de Aragón (4).

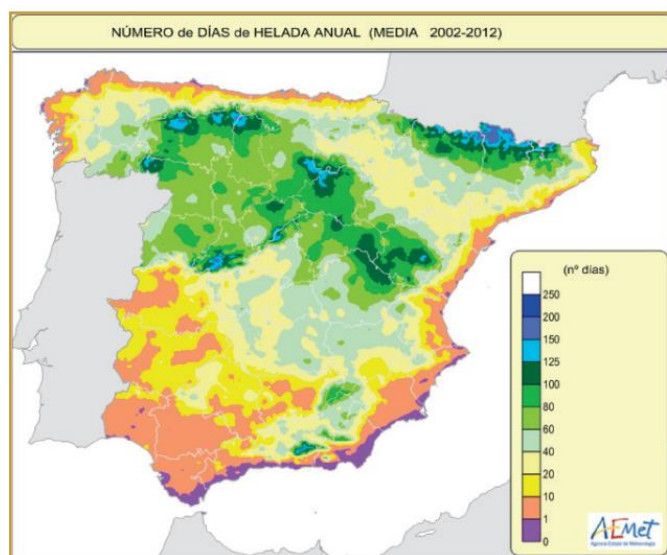


Figura 14. Número de días de heladas anual (5).

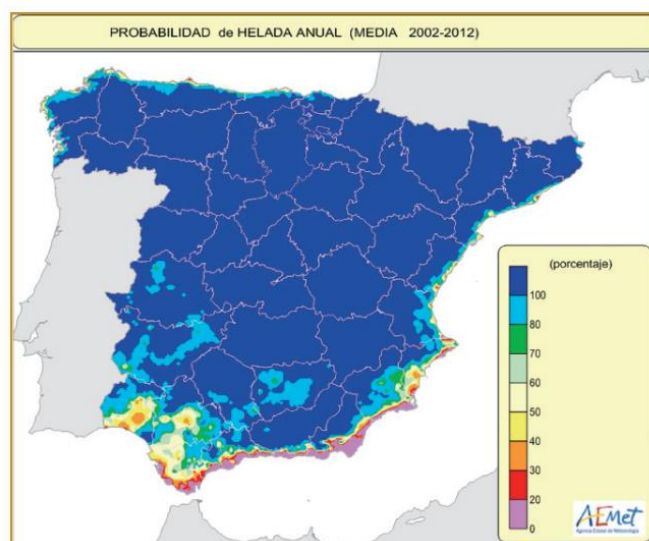


Figura 15. Probabilidad de helada anual (5).

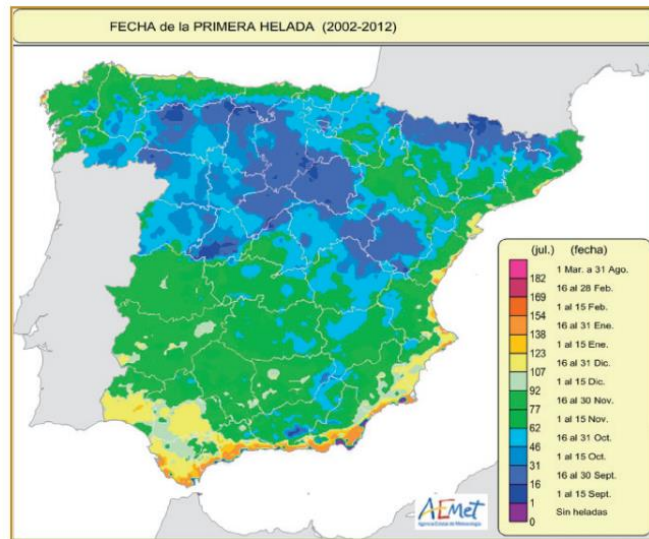


Figura 16. Rango de fechas para la primera helada (5).

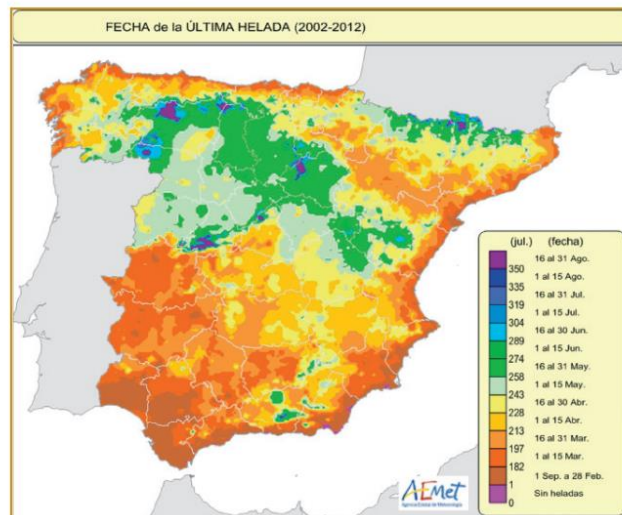


Figura 17. Rango de fechas para la última helada (5).

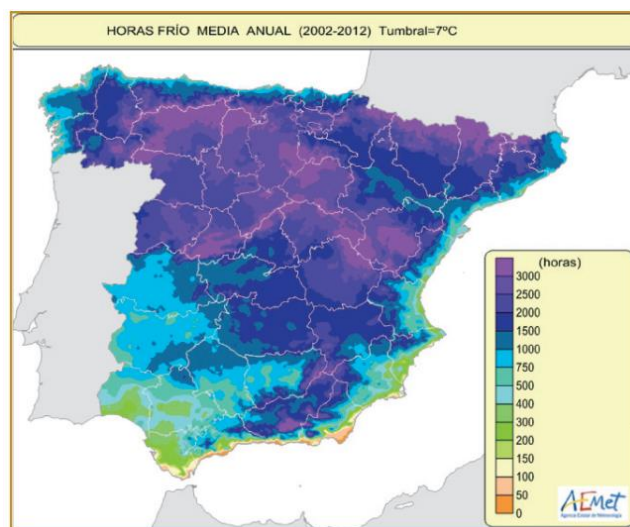


Figura 18. Horas de frío anuales con temperatura umbral a 7 °C (5).

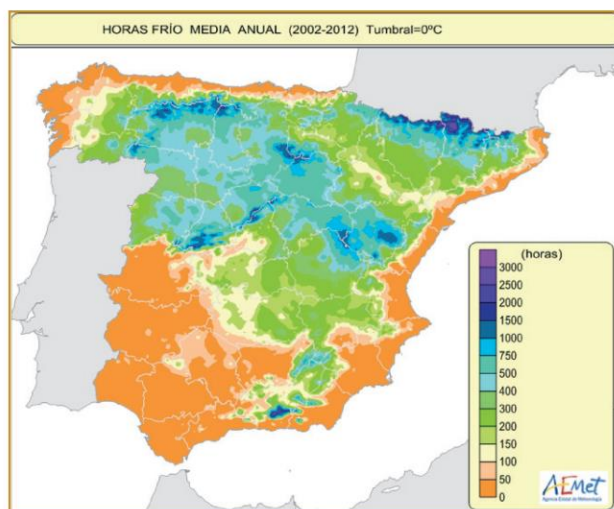


Figura 19. Horas de frío con temperatura umbral a 0 °C (5).

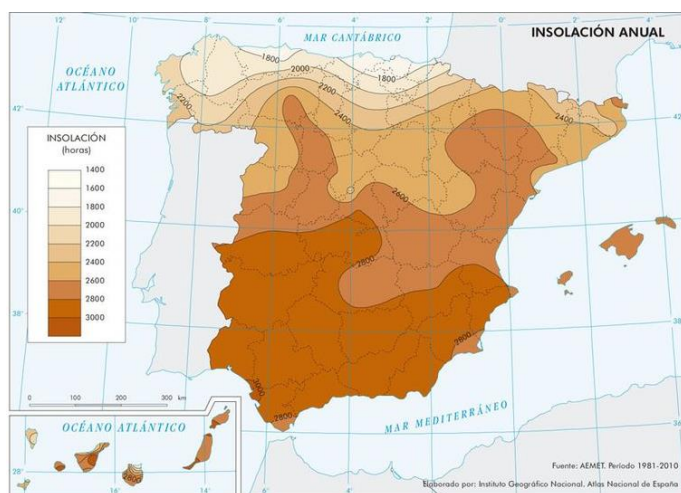


Figura 20. Mapa de insolación media anual. (IGN, 2010)

16. BIBLIOGRAFÍA

1. RIUS X, Rubio Cabetas MJ, Felipe AJ. EL CULTIVO DEL ALMENDRO. Zaragoza2017.
2. Oliva Facerías A. Descripción climática de la comarca de Calamocha entre 1945-1990. Xiloca. 1991;8:233-53.
3. García Merayo JL, Gallego Abaroa T, Martínez Núñez L. Horas frío y horas de calor en zonas climáticas de la España Peninsular (2002-2011). 2015.
4. Aragon Gd. Atlas Climático de Aragón. Ambiente DdM, editor. zaragoza2007.
5. Martínez Núñez L, Moreno JV, Chazarra A, Gallego Abaroa T, Avello E, Botey MR. Mapas de riesgo: Heladas y horas de frío en la España peninsular (periodo 2002-2012). 2015.
6. IGN. (2010). *Instituto geográfico nacional*. Recuperado el 16 de 06 de 2020, de https://www.ign.es/espmap/mapas_clima_bach/Mapa_clima_11.html

ANEJO 4

ESTUDIO EDAFOLÓGICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA	1
3. TOMA DE MUESTRAS	2
4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS EDAFOLÓGICO.....	2
4.1. Características físicas.....	1
4.1.1. Textura	1
4.1.2. Estructura	2
4.1.3. Permeabilidad	2
4.2. Características químicas	2
4.2.1. Alcalinidad	2
4.2.2. Salinidad	3
4.2.3. Fertilidad	3
4.3. Relaciones suelo-agua	4
4.3.1. Capacidad de campo.....	4
4.3.2. Punto de marchitez.....	4
4.3.3. Agua disponible	5
5. CALICATA	6
5.1. Análisis de la calicata	6
5.2. Conclusiones calicata.....	8
6. CONCLUSIONES.....	8
7. REFERENCIAS	9
8. BIBLIOGRAFÍA	12

1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se analizan y valoran las características del suelo de la parcela, con el fin de poder determinar si es apta para el cultivo del almendro. Los factores edáficos pueden condicionar o impedir el desarrollo de la plantación, pero lo más común es que sólo lo condicionen, ya que estos factores se pueden corregir mediante enmiendas u otras técnicas.

2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA

La Comarca del Jiloca está conformada por una serie de estructuras mayores, que a modo de bandas se disponen siguiendo la directriz ibérica (NO-SE). De oeste a este, estas son las siguientes: Sierra Menera, Parameras de Blancas-Odón, Gallocanta, Alto Jiloca, Paleozoicos del Jiloca Medio, Campo Romanos-Cuenca del Pancrudo, Sierra de Lidón y Sierra de Cucalón.

La comarca posee uno de los registros geológicos más completos de la historia terrestre, y no solamente a escala de Aragón, sino también a escala peninsular e incluso continental. En las rocas comarcales puede interpretarse la historia de la mayor parte del Paleozoico, Mesozoico, Terciario y Cuaternario. El Paleozoico está representado por el Cámbrico, Ordovícico, Silúrico y Devónico. El Mesozoico aparece completo: Triásico, Jurásico y Cretácico. El Terciario también se encuentra bien representado, tanto el Paleógeno como el Neógeno y, por último, el Cuaternario que aparece rellenando todas las depresiones.

La zona donde se desarrolla la plantación se encuentra situada dentro de la Fosa del Jiloca, que es una depresión alargada, de unos 15 km de longitud y unos 4-5 km de anchura, situada entre Calamocha y Singra (geológicamente, se extiende hasta Teruel), y limitada al este por el sistema de fallas de Sierra Palomera-Bañón. Ha tenido una evolución compleja, con etapas endorreicas en las que se acumularon potentes series lacustres. En principio fue una cuenca cerrada, que a principios del Cuaternario quedó capturada por el sistema fluvial actual, transformándose en un sistema exorreico que vierte sus aguas hacia la cuenca del Ebro, por el Jiloca, y hacia Levante, por el Turia (1)

Si observamos la Figura 1, tomada de un atlas geológico de Aragón, podemos ver las características geológicas de la zona donde está situada la parcela del proyecto, señalada con una estrella roja. La geología es originaria del cuaternario pleistoceno y tiene como característica ser una zona de limos con cantos dispersos combinada con conglomerados silíceos y limonitas rojas, como se aprecia en la Figura 3.

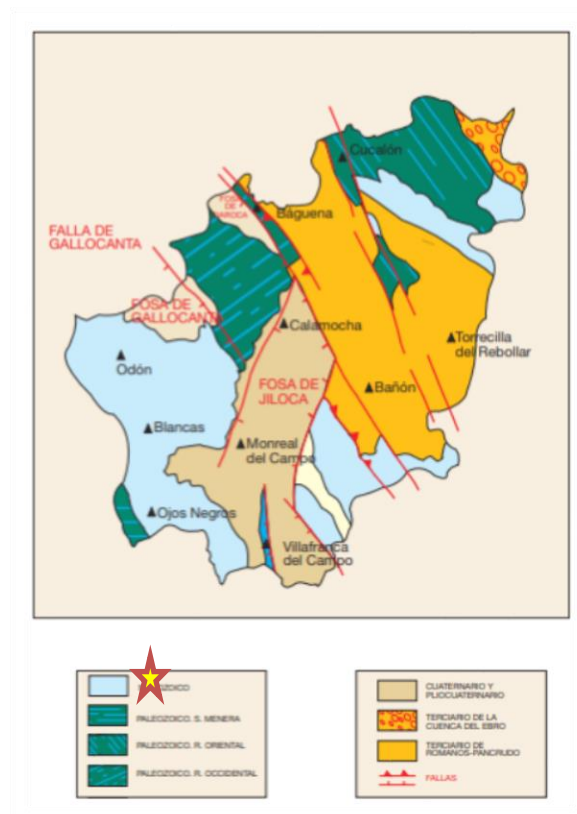


Figura 1. Mapa geológico de la Comarca del Jiloca

3. TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras se realizó, tras un previo análisis visual de la finca, comprobando las diferencias de terreno de la misma. En este caso, el terreno es bastante homogéneo en cuanto a propiedades físicas y relieve.

Las muestras fueron tomadas en diferentes puntos de la parcela y a profundidades de hasta 70 cm, ya que es el rango en el que se desarrollan las raíces del almendro(2). Se tomaron 6 submuestras en puntos distintos de la parcela y se mezclaron posteriormente con el fin de obtener unos resultados medios, sumando un total de 1 kg la muestra conjunta llevada al laboratorio. También se realizó una calicata de 2 metros aprovechando un corte del terreno próximo a la parcela.

4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

En la Tabla 1, se pueden observar los valores obtenidos para cada parámetro analizado en el laboratorio. Más adelante podemos ver el análisis completo detallado (Figura 5 y Figura 6).

Tabla 1. Valores del análisis edafológico.

Parámetros	RESULTADO	Uds.	V.P.(1)	Incertidumbre (2)	Método de ensayo
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS					
<i>pH soluble en agua (1:2,5)</i>	8,10 - Apto	uds.pH s.m.s.			ME-56
<i>Conductividad electrica 25°C(1:5)</i>	0,217 - Apto	mS/cm s.m.s.			ME-57
<i>Materia organica oxidable</i>	2,38 - Apto	% s.m.s			ME-64
<i>Nitrogeno total</i>	0,11 - Apto	% s.m.s			ME-59
<i>Relacion Carbono/Nitrogeno</i>	13 - Apto	s.m.s.			ME-65
<i>Carbonatos</i>	19,22 - Apto	% s.m.s			ME-62
<i>Caliza activa</i>	4,84 - Apto	% s.m.s.			ME-63
<i>Fosforo Olsen (P205)</i>	95,35 - Alto -*PC	mg/kg P205 s.m.s			ME-61
<i>Calcio (CaO) extraible en acetato amonico</i>	1,31 - Alto -*PC	% s.m.s.			ME-68
<i>Magnesio (MgO) extraible en acetato amonico</i>	0,02 - Apto	% s.m.s.			ME-69
<i>Potasio (K2O) extraible en acetato amonico</i>	0,04 - Apto	% s.m.s.			ME-70
<i>Arena</i>	35,07	% s.m.s.			ME-58
<i>Limo</i>	29,97	% s.m.s.			ME-58
<i>Arcilla</i>	34,96	% s.m.s.			ME-58
<i>Textura y clasificacion USDA</i>	Franco arcilloso - Apto	s.m.s.			ME-58

4.1. Características físicas

4.1.1. Textura

La textura refleja la distribución cuantitativa de los diferentes componentes del suelo. Ordenados de mayor a menor tamaño, serían elementos gruesos, arena, limo y arcilla. Sin embargo, para el análisis se prescinden de los elementos gruesos y únicamente se tienen en cuenta los elementos más finos. Debido a que la parcela no presenta una pedregosidad importante en las capas más superficiales, el análisis será bastante fiable. El suelo donde se va a implantar el cultivo tiene una textura franco arcillosa, la cual hemos podido comprobar en la Figura 2 (además del análisis), por lo que, aunque sea un poco más fina de lo deseable, no se van a producir problemas de asfixia radicular. En conclusión, se puede decir que la parcela presenta una textura adecuada para el cultivo del almendro.

Tabla 2. Porcentajes de caliza total en los suelos y su influencia en los cultivos (3).

Caliza total en %	Observaciones
Menor de 15 %	En general no se presentan problemas
15-35 %	No afecta a muchos cultivos, pero se recomienda conocer el contenido en caliza activa, puede afectar en algunos casos
Mayor de 35 %	Puede afectar a la productividad de muchos cultivos. Se recomienda conocer el contenido en caliza activa

4.2.2. Salinidad

La salinidad es un problema que hace referencia al contenido total de sales en un suelo. Los suelos salinos se caracterizan por causar alteraciones a las plantas: por ejemplo, los árboles pueden presentar poco fruto y de pequeño tamaño o una vegetación poco densa con ramos total o parcialmente defoliados. Este factor se mide a partir de la conductividad eléctrica del extracto de saturación, expresado en milimhos/cm o en siemens/m (1 milimho/cm = 1dS/m). El suelo analizado presenta una conductividad eléctrica muy baja, de 0,217 dS/m, por lo que no aparecerán problemas de salinidad.

4.2.3. Fertilidad

La fertilidad de un suelo está directamente relacionada con el contenido total de materia orgánica y con la disponibilidad de los distintos elementos nutritivos que en él se encuentran. En los análisis se consideran aquellos elementos de baja movilidad en el perfil del suelo. Así, por ejemplo, pese a que el nitrógeno sea el macronutriente más importante en las plantas, no se tiene en cuenta en los análisis de fertilidad, al menos a medio-largo plazo, debido a que es muy móvil y puede ser perdido por lixiviación. Por ello, solamente se tienen en cuenta el fósforo, potasio y magnesio.

El contenido en materia orgánica es del 2,38 %, por lo que se trata de un nivel correcto para el cultivo frutal. En suelos más pobres se realiza una enmienda orgánica que permita subirlo hasta el 2%.

Por otra parte, la relación carbono/nitrógeno (C/N) es un indicador del grado de evolución de la materia orgánica y de su velocidad de humificación. Su rango óptimo se sitúa entre 5 y 15 C/N. En el caso de estudio se tiene una relación carbono/nitrógeno de 13, por lo que está dentro del rango óptimo.

En cuanto al contenido de nutrientes del suelo del proyecto, es normal, por lo que no cabe esperar carencias de ninguno de estos elementos. Sin embargo, algunas veces existen ciertos elementos que actúan como antagonistas, es decir, pese a que se encuentren entre valores adecuados, el exceso de otros puede causar carencias en los primeros. En nuestro caso las relaciones Ca/Mg, Mg/K y (Ca + Mg) /K son adecuadas.

4.3. Relaciones suelo-agua

4.3.1. Capacidad de campo

La capacidad de campo de un suelo se define como la cantidad de agua que puede retener éste a drenaje libre a las 24 horas de una lluvia copiosa. El resultado se da en porcentaje, es decir, es la cantidad de agua que pueden retener 100 g de suelo. Esta medida es muy útil para calcular la dosis de riego de los cultivos, y además, en general, da una idea muy real de las características hídricas del suelo. Su valor tiene relación con la textura (aumentando cuanto más fina es ésta) y la estructura del suelo. Para estimarla, se utiliza esta fórmula que tiene en cuenta la fracción de los distintos componentes del suelo: arena, limo y arcilla.

$$Cc = 0,484 \times Ac + 0,162 \times L + 0,023 \times Ar + 2,62$$

siendo:

- **Cc:** humedad a la capacidad de campo, expresada en porcentaje de suelo seco.
- **Ac:** contenido en arcilla, expresada en porcentaje de suelo seco.
- **L:** contenido en limo, expresado en porcentaje de suelo seco.
- **Ar:** contenido en arena, expresado en porcentaje de suelo seco.

$$Cc = 0,484 \times 34,96 + 0,162 \times 29,97 + 0,023 \times 35,97 + 2,62 = 25,22\%$$

Según la Tabla 3, nuestro valor 25,22%, presenta una capacidad de campo media.

Tabla 3. Rangos en porcentaje para la Capacidad de campo (CC) (3)

Capacidad de campo (%)	Observaciones
Menor de 7	Muy baja
7-12	Baja
12-20	Media baja
20-30	Media
Mayor de 30	Elevada

4.3.2. Punto de marchitez

El punto de marchitez indica el límite de humedad mínimo para que la planta puede extraer agua, es decir, para que la planta pueda absorber agua del suelo, debe haber una humedad superior al punto de marchitez. Cuanto más fina es la textura de un suelo mayor será el punto de marchitez. Por ello, se estima de forma similar a la capacidad de campo, según la siguiente fórmula:

$$Pm = 0,302 \cdot Ac + 0,102 \cdot L + 0,0147 \cdot Ar$$

siendo:

- **Pm:** humedad en punto de marchitamiento, expresada en porcentaje de suelo seco.
- **Ac:** contenido en arcilla, expresada en porcentaje de suelo seco.
- **L:** contenido en limo, expresado en porcentaje de suelo seco.
- **Ar:** contenido en arena, expresado en porcentaje de suelo seco.

Al sustituir en la ecuación resulta:

$$Pm = 0,302 \times 34,96 + 0,102 \times 29,97 + 0,0147 \times 35,07 = 14,13 \%$$

El punto de marchitez es del 14,13 %, lo que quiere decir que debe de haber al menos 14,13 g de agua por cada 100 g de suelo para que las plantas puedan extraer esa agua.

Según la Tabla 4 , los valores obtenidos de capacidad de campo (25,2%) y punto de marchitez permanente (14,13%) son los considerados ´normales` para una textura franco arcilloso como la nuestra.

Tabla 4. Valores normales de Cc y PmP para suelos de diferentes texturas (FAO)

Textura	Capacidad de campo	Punto de marchitez permanente
Arenoso	5-15	3-8
Franco arenoso	15-20	6-12
Franco	15-30	8-17
Franco arcilloso	25-35	13-20
Arcilloso	30-70	17-40

4.3.3. Agua disponible

Se trata de conocer el agua que hay realmente disponible para las plantas, es decir, conocer la cantidad que es posible que extraigan. Dicha cantidad vendrá determinada por la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez. Por lo tanto,

$$\text{Agua disponible} = 25,2 \% - 14,13 \% = 11,07 \%$$

El agua disponible del suelo será del 11,07%, expresado en porcentaje de suelo seco.

5. CALICATA

Se procedió al análisis de un corte del terreno cercano a la finca no cultivado, con las mismas características geológicas, a excepción de los niveles de materia orgánica, que serán inferiores al ser un suelo no trabajado y no tener aporte de abono.

- **Escala de observación:** 200 centímetros
- **Tipo de superficie:** corte de un suelo.
- **Orientación:** oeste
- **Pedregosidad superficial:** no pedregoso
- **Afloramiento rocosos:** sin afloramientos
- **Material originario:** conglomerados mixtos sin cementar
- **Vegetación:** natural

5.1. Análisis de la calicata

En el siguiente análisis procedemos a describir el suelo según los diferentes horizontes que presenta:

- **Horizonte 000-045 A**

ESTADO DE HUMEDAD: Mojado. COLOR: De la matriz. 7.5YR 4/2 (húmedo). MANCHAS: No hay. ESTADO DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN: oxidado. ELEMENTOS GRUESOS: Porcentaje total: muy frecuentes (16-35%), calizas. Grava media (0,6-2,0). Subredondeado tabular. Sin orientación definida. Irregular. CLASE TEXTURAL: franca. ESTRUCTURA: Grado de desarrollo: moderado. Forma: granular. Tamaño: Fina. CONSISTENCIA: Compacidad: ligeramente compacto. CEMENTACIONES: Grado: no cementado. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA FAUNA: no aparente. ACTIVIDAD HUMANA: sin actividad. MATERIA ORGÁNICA: Cantidad: poca. Forma: no directamente observable. SISTEMA RADICULAR: limitado por horizonte cementado. Cantidad: pocas raíces por cm². Tamaño: Finas-muy finas. Orientación: Vertical. Distribución: regular. Estado: muertas. PRUEBAS DE CAMPO: Parte analizada: matriz. Método: HCl (11%), baja. Agua oxigenada, media. Nitrato de plata, baja. pH: medio básico pero no alcalino. ESTUDIO DE SUPERFICIES: No hay recubrimiento. GRIETAS: no hay. ACUMULACIONES: Cantidad: pocas. Forma: pendens. Tamaño: gruesos. Composición: carbonatos. Distribución: irregular. Dureza: muy duras. LÍMITE INFERIOR DE LOS HORIZONTES: Amplitud: abrupto. Forma: Ondulado. Horizonte diagnóstico: ócrhico.

- **Horizonte 045-100 Bkm1**

ESTADO DE HUMEDAD: Húmedo. COLOR: De la matriz. 7.5YR 7/2 (húmedo). MANCHAS: No hay. ESTADO DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN: oxidado. ELEMENTOS GRUESOS: Porcentaje total: abundantes (36-70%), calizas. Cantos (6-25cm). Subangular tabulares. Con orientación horizontal. Regular. CLASE TEXTURAL: no descrito por abundancia de elementos gruesos. ESTRUCTURA: sin estructura por abundancia de elementos gruesos. CONSISTENCIA: no coherente. CEMENTACIONES: Grado: débilmente cementado. Naturaleza: Carbonato cálcico. Estructura: Laminar. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA FAUNA: no aparente. ACTIVIDAD HUMANA: sin actividad. MATERIA ORGÁNICA: Cantidad: muy poca. Forma: no directamente observable.

SISTEMA RADICULAR: no descrito. PRUEBAS DE CAMPO: no realizadas. GRIETAS: no hay. ACUMULACIONES: Cantidad: muy abundantes. Forma: pendens. Tamaño: gruesos. Composición: carbonatos. Distribución: irregular. Dureza: muy duras. LÍMITE INFERIOR DE LOS HORIZONTES: Amplitud: muy abrupto. Forma: Ondulado. Horizonte diagnóstico: móllico.

- **Horizonte 100-140 Bkm2**

ESTADO DE HUMEDAD: Húmedo. COLOR: De la matriz. 7.5YR 6/6 (húmedo). MANCHAS: No hay. ESTADO DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN: oxidado. ELEMENTOS GRUESOS: Porcentaje total: muy abundantes (>70%), calizas. Cantos (6-25cm). Redondeado tabular. Con orientación horizontal. Irregular. CLASE TEXTURAL: no descrito por abundancia de elementos gruesos. ESTRUCTURA: sin estructura por abundancia de elementos gruesos. CONSISTENCIA: no coherente. CEMENTACIONES: Grado: fuertemente cementado. Naturaleza: Carbonato cálcico. Estructura: Conglomerático. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA FAUNA: no aparente. ACTIVIDAD HUMANA: sin actividad. MATERIA ORGÁNICA: Cantidad: inapreciable. Forma: no directamente observable. SISTEMA RADICULAR: no descrito. PRUEBAS DE CAMPO: no realizadas. GRIETAS: no hay. ACUMULACIONES: Cantidad: abundantes. Forma: pendens. Tamaño: gruesos. Composición: carbonatos. Distribución: irregular. Dureza: muy duras. LÍMITE INFERIOR DE LOS HORIZONTES: Amplitud: abrupto. Forma: Ondulado. Horizonte diagnóstico: móllico.

- **Horizonte 140-180 Bkn**

ESTADO DE HUMEDAD: Húmedo. COLOR: De la matriz. 5YR 5/6 (húmedo). MANCHAS: No hay. ESTADO DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN: oxidado. ELEMENTOS GRUESOS: Porcentaje total: muy pocos, calizas. Grava fina (0,2-0,6). Forma no descrita. Sin orientación. Irregular. CLASE TEXTURAL: Arcillosa. ESTRUCTURA: sin estructura por abundancia de elementos gruesos. CONSISTENCIA: compacto. CEMENTACIONES: Grado: no cementado. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA FAUNA: no aparente. ACTIVIDAD HUMANA: sin actividad. MATERIA ORGÁNICA: Cantidad: inapreciable. Forma: no directamente observable. SISTEMA RADICULAR: no descrito. PRUEBAS DE CAMPO: Parte analizada: matriz. Método: HCl (11%), baja. Agua oxigenada, nula. Nitrato de plata, nula. pH: medio básico pero no alcalino. GRIETAS: no hay. ACUMULACIONES: Cantidad: muy frecuentes. Forma: nódulos. Tamaño: finos. Composición: carbonatos. Distribución: irregular. Dureza: blandas. LÍMITE INFERIOR DE LOS HORIZONTES: Amplitud: abrupto. Forma: Ondulado. Horizonte diagnóstico: móllico.

- **Horizonte 180-200 Bkm3**

ESTADO DE HUMEDAD: Húmedo. COLOR: De la matriz. 7.5YR 6/6. (Húmedo). MANCHAS: No hay. ESTADO DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN: oxidado. ELEMENTOS GRUESOS: Porcentaje total: muy abundantes (>70%), calizas. Cantos (6-25cm). Redondeado tabular. Con orientación horizontal. Irregular. CLASE TEXTURAL: no descrito por abundancia de elementos gruesos. ESTRUCTURA: sin estructura por abundancia de elementos gruesos. CONSISTENCIA: no coherente. CEMENTACIONES: Grado: fuertemente cementado. Naturaleza: Carbonato cálcico. Estructura: Conglomerático. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA FAUNA: no aparente. ACTIVIDAD HUMANA: sin actividad. MATERIA ORGÁNICA: Cantidad: inapreciable. Forma: no directamente observable. SISTEMA RADICULAR: no descrito. PRUEBAS DE CAMPO: no realizadas. GRIETAS: no hay. ACUMULACIONES: Cantidad: abundantes. Forma: pendens. Tamaño: gruesos.

Composición: carbonatos. Distribución: irregular. Dureza: muy duras. LÍMITE INFERIOR DE LOS HORIZONTES: Amplitud: abrupto. Forma: Ondulado. Horizonte diagnóstico: móllico.

5.2. Conclusiones calicata

Se trata de un suelo en apto para ser cultivado. Se encontraría un poco limitado por el horizonte Bkm1, es decir, por unas capas de rocas calizas no compactadas, que serán fraccionadas con varias pasadas cruzadas de subsolador (cuando comencemos a preparar la parcela) para que no resulten un problema para el desarrollo radicular del almendro. Respecto a la fertilidad, podríamos decir que es media, en relación con las tierras de alrededor.

6. CONCLUSIONES

El suelo presenta unas características físicas adecuadas para el cultivo del almendro, ya que tiene una profundidad adecuada para su desarrollo radicular, la estructura presenta pedregosidad, lo que también es favorable, favoreciendo la permeabilidad. La textura es franco arcillosa, considerada idónea, y no se esperan problemas de asfixia radicular.

Los valores de alcalinidad y caliza activa son correctos, por lo que no se van a producir problemas de alcalinidad en el cultivo del almendro. Al tratarse de una especie calcícola, no tendremos la necesidad de una aplicación de fertilizantes con calcio para cubrir sus necesidades porque es un nutriente que abunda en el suelo y está disponible para el árbol. Se trata de un suelo no salino, por lo que tampoco se producirán problemas en este aspecto.

La fertilidad del suelo viene determinada por el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. El contenido de materia orgánica es correcto (2,25%), ya que se han venido realizando aportes de enmiendas orgánicas y minerales para el desarrollo de los cereales anteriormente cultivados. En cuanto a la disponibilidad de nutrientes, es normal, por lo que no se deberán producir carencias de elementos. Además, las relaciones Ca/Mg, Mg/K y (Ca+Mg)/K son adecuadas. Por lo tanto, no será necesario ningún abonado mineral de fondo previo a la plantación, por lo que bastará únicamente con la enmienda orgánica de estiércol ovino.

7. REFERENCIAS

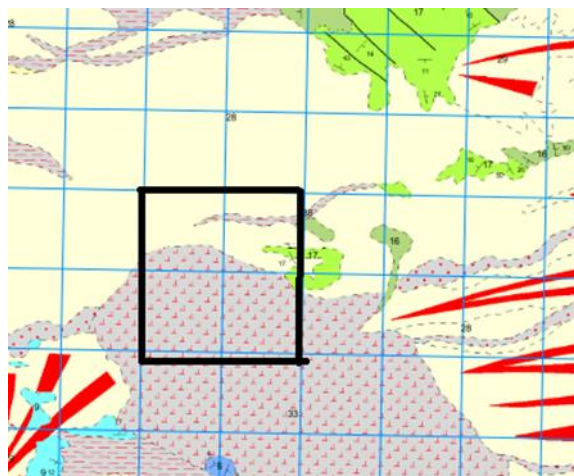
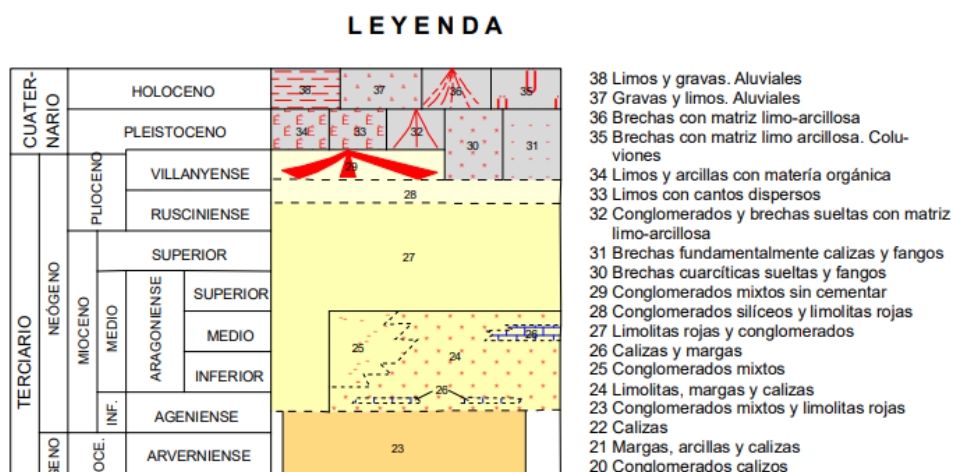


Figura 3. Zona de la plantación, Mapa geológico de España, Escala 1:50.000 (4).





A.T.M.
Laboratorio de Análisis de Tierras y Medio Ambiente
C/ Tarazona de Aragón, 6 B Izda
44002 - TERUEL Tfno y Fax.: 978 61 98 00

INFORME DE RESULTADOS.
LABORATORIO CERTIFICADO CON ISO
9001:2015

REFERENCIA:
18.03.0430
REV: 00

<div>CRISTIAN TERRADO MORENO</div> <div>Documentación Adicional aportada por el Cliente:</div>		<div>DATOS DE LA MUESTRA</div> <div>Datos aportados por: Cliente</div> <div>Toma Muestra realizada por: Cliente</div> <div>Punto de toma de Muestra: LA CERRADA</div> <div>Población:</div> <div>Tipo de Muestra: SUELO</div> <div>Control:</div> <div>Envases: Bolsa plastico 1 Kg aprox.Temperatura ambiente.</div>			<div>Fecha Toma Muestra: 15/03/2018 19:00</div> <div>Fecha Recepción: 16/03/2018 9:00</div> <div>Fecha Inicio Análisis: 17/03/2018</div> <div>Fecha Fin Análisis: 29/03/2018</div> <div>Fecha de Validación: 04/04/2018</div>	
Parámetros	RESULTADO	Uds.	V.P.(1)	Incertidumbre (2)	Método de ensayo	
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS						
pH soluble en agua (1:2,5)	8,10 - Apto	uds.pH s.m.s.			ME-56	
Conductividad electrica 25°C(1:5)	0,217 - Apto	mS/cm s.m.s.			ME-57	
Materia organica oxidable	2,38 - Apto	% s.m.s			ME-64	
Nitrogeno total	0,11 - Apto	% s.m.s			ME-59	
Relacion Carbono/Nitrogeno	13 - Apto	s.m.s.			ME-65	
Carbonatos	19,22 - Apto	% s.m.s			ME-62	
Caliza activa	4,84 - Apto	% s.m.s.			ME-63	
Fosforo Olsen (P205)	95,35 - Alto -*PC	mg/kg P205 s.m.s			ME-61	
Calcio (CaO) extraible en acetato amonico	1,31 - Alto -*PC	% s.m.s.			ME-68	
Magnesio (MgO) extraible en acetato amonico	0,02 - Apto	% s.m.s.			ME-69	
Potasio (K2O) extraible en acetato amonico	0,04 - Apto	% s.m.s.			ME-70	
Arena	35,07	% s.m.s.			ME-58	
Limo	29,97	% s.m.s.			ME-58	
Arcilla	34,96	% s.m.s.			ME-58	
Textura y clasificacion USDA	Franco arcilloso - Apto	s.m.s.			ME-58	

Figura 5.Informe de resultados completo 1.

OBSERVACIONES:

Los métodos internos del laboratorio utilizados están basados en el Tomo III de los Métodos Oficiales de Suelos propuestos por el Ministerio de Agricultura.

*PC= Precisa corrección

Información sobre los parámetros analizados:

- La trufa vive sobre suelos calizos, la existencia de caliza en el suelo es un factor decisivo, la trufa no vive en terrenos ácidos o silíceos
- El pH indica la acidez o alcalinidad del suelo, la concentración de iones hidrógeno presentes en la solución del suelo. Para el cultivo de la trufa se recomiendan valores entre 7,5 y 8,5 (alcalinos).
- Conductividad eléctrica: Se refiere a la acumulación de sales solubles en agua que hay en el suelo. Se recomiendan valores inferiores a 0,35 mS/cm, por encima de este valor serán suelos salinos. Un exceso de fertilización puede elevar el valor de la conductividad.
- Materia orgánica: La materia orgánica aparece en el suelo como consecuencia de la actividad de los seres vivos y está constituida por mezcla de microorganismos y residuos de vegetales y animales. Sufre procesos de descomposición (humificación y mineralización) para convertirse en nutrientes. Para el cultivo de la trufa, son recomendables valores que oscilan entre 1 y 10 %.

Los resultados de este informe afectan exclusivamente a la muestra sometida a ensayo

Página 1 de 2

Dicho informe no deberá reproducirse ni total ni parcialmente sin la autorización de LABORATORIOS ATM, S.L.

(1) V.P.: Valor Paramétrico

(2) Se corresponde a la incertidumbre máxima en el rango. Los valores de incertidumbre están a disposición del Cliente

Reg. Merc. de Teruel Tomo 243, Libro 243, Folio 92, Hoja TE-5221 Inscrp. 1ª C.I.F. B44239283

F-PG14/01/06



ATM
LABORATORIOS ATM, S.L.
C/ Tarazona de Aragón, 6 B Izda
44002 - TERUEL Tfno y Fax.: 978 61 98 00

INFORME DE RESULTADOS.
LABORATORIO CERTIFICADO CON ISO
9001:2015

REFERENCIA:

18.03.0430

REV: 00

• Relación C/N: Es un indicador del grado de evolución de la materia orgánica y de su velocidad de humidificación (potencial del suelo para transformar la materia orgánica en nitrógeno mineral). Los valores óptimos para la truficultura están entre el 5 y 14. Es un indicador de la proporción de nitrógeno liberado en la parcela. Si la materia orgánica se encuentra en cantidades más bien altas y se obtiene una relación C/N excesivamente alta puede deberse a una carente oxigenación del suelo que no permite la correcta liberación del Nitrógeno.

• MACRONUTRIENTES: Nitrógeno, fósforo y potasio. Un exceso de los mismos puede provocar que la planta no necesite de las micorrizas, ya que se apoya en estas para suplir deficiencias.

Nitrógeno: Valores recomendados en truficultura entre 0.1 y 0.5 %.

Potasio (K₂O): Valores recomendados en truficultura entre 0.005 y 0.05 %.

Fósforo Olsen: Valores recomendados en truficultura entre 5 y 18 mg/kg.

• Carbonatos totales: Se recomienda un porcentaje de carbonatos totales COC₃ entre el 1 y 80%. Su presencia juega un papel fundamental en la estructura del suelo si se encuentra en concentraciones moderadas. Es una medida de la cantidad de partículas de caliza con diámetro inferior a 2 mm.

• Caliza activa: Es la medida de la fracción más soluble (la más fina). Se utiliza como enmienda para neutralizar el pH de suelos ácidos. El rango óptimo es entre el 0.1-30 %.

• Calcio, Magnesio: Son los cationes asimilables. Para el calcio se recomienda entre 0.5-1.5 % en forma del óxido CaO, para el magnesio valores por encima de 0.01 % en MgO.

• En cuanto a la textura (ISSS): Indica la granulometría del suelo, es decir, la proporción en que se hayan las partículas minerales de éste clasificadas según su tamaño (Arena, Limo y Arcilla). Para el cultivo de la trufa, son recomendables las texturas del tipo Franco, Franco-Arcilloso, Franco-Limoso y Franco-Arenoso y no recomendables suelos con porcentajes superiores al 45 % de Arcilla.

Responsable Técnico: **Pilar Izquierdo Rueda**

Teruel, miércoles 04 de abril de 2018

LABORATORIOS A.T.M.
Aguas de Teruel y Medioambiente
N.I.F.B - 44239283
c/ Tarazona de Aragón, 6 - bajo
Tel. 978 619 800 - 44002 TERUEL

Figura 6. Informe de resultados completo 2.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Navarro D. Geología y recursos naturales de la comarca del Jiloca. Xiloca; 1991.
2. Muñoz MM. Respuesta de las características del sistema de raíces y de la vegetación en patrones de almendro frente al aporte de estimulantes de raíz.
3. Valero SG. Interpretación de análisis de suelos: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de ...; 1994.
4. España Igymd. MAGNA 50 - Hoja 516 (MONREAL DEL CAMPO). Cartografía del IGME.

ANEJO 5

CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANALISIS AGUA DE RIEGO	1
3. ÍNDICES DE PRIMER GRADO	2
3.1. pH	2
3.2. Conductividad eléctrica	2
3.3. Contenido total de sales	2
4. IONES PRESENTES EN EL AGUA.....	3
4.1. Cloruros.....	3
4.2. Nitratos	3
4.3. Sulfatos	3
4.4. Sodio	3
4.5. Magnesio.....	3
4.6. Presión osmótica del agua	3
5. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO.....	4
5.1. Relación de adsorción de sodio.....	4
5.2. Relación de calcio	4
5.3. Relación del sodio.....	4
5.4. Dureza del agua.....	5
5.5. Índice de Langelier.....	5
6. CLASIFICACIÓN DEL AGUA.....	7
6.1. Normas H. Greene (FAO)	7
6.2. Norma de Riverside	8
6.3. Normas de Wilcox	9
7. CONCLUSIONES.....	9
8. BIBLIOGRAFÍA	11

1. INTRODUCCIÓN

Un agua será de buena calidad para el riego agrícola cuando, cumpliendo con sus funciones básicas hacia la planta de manera que garantice un rendimiento óptimo, no produzca efectos perjudiciales al suelo. La calidad del agua para el riego por tanto está ligada a la terna suelo-agua-planta, porque, además de considerar el efecto sobre la nutrición de la planta, se debe de considerar el efecto que la calidad del agua produce en el equilibrio del suelo. Los parámetros que un agua debe de reunir y los valores normales que debe de tener se obtienen de los numerosos estudios FAO sobre riego y drenaje, estudios que por otra parte están en continua revisión (1).

2. ANALISIS AGUA DE RIEGO

El agua de riego la obtendremos de un pozo ya existente, utilizado para abastecer una explotación ovina colindante, actualmente cerrada. Nos encontramos ante un punto de agua subterránea: el pozo tiene una profundidad aproximada de 90 m y lleva instalada una bomba sumergible para sacar el agua a la superficie gracias a un generador que proporciona electricidad para el funcionamiento de la bomba. La muestra fue tomada por el promotor a la salida de la tubería en un grifo utilizado para higiene personal y desinfección de utensilios.

Una vez obtenida la muestra, una garrafa de 5 litros, se precintó el recipiente y se llevó al centro de análisis, en este caso la Escuela Politécnica Superior de Huesca, donde fue analizada por el promotor en la asignatura Análisis Químico Agrícola, bajo la supervisión de la Prof^a Raquel Zufiarre y los diferentes técnicos de laboratorio. El análisis fue contrastado con otro posteriormente realizado en laboratorio *ENAC-ENSAYOS*. Los resultados obtenidos en el análisis fueron los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Análisis del agua de riego.

Parámetro	Resultado	Método de análisis	Valor legislado
Olor	No se aprecia		
Sabor	No se aprecia		
Turbidez	4,50 U.N.F.	Turbidimetría	5 U.N.F.
Color	10,2 mgPtoCo/L	Espectrofotometría UV-Vis	15 mgPtoCo/L
CE	715 μ S/cm	Conductimetría	3000 μ S/cm
pH	7,14 U pH	Potenciometría	6-8,5 U pH
Amonio (NH ₄)	<0,150 mg/l	Espectrofotometría UV-Vis	0-5 mg/L
Bacterias Coliformes	0 u.f.c./100ml	Filtración	0 u.f.c./100ml
Cloruros (Cl ⁻)	20 mg/l	Espectrofotometría UV-Vis	0-30 mg/L
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	3,08 meq/l	Valoración ácido-base	0-10meq/L
Alcalinidad (CaCO ₃)	258 mg/L	Valoración ácido-base	50 a 200 mg/L CaCO ₃
Nitratos (NO ₃ ⁻)	11.41 mg/l	Cromatografía iónica	Hasta 50 mg/L
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	121 mg/L	Cromatografía iónica	500 mg/L
Dureza (CaCO ₃)	200 ppm	Valoración complejo métrica	Agua dura (200 ppm)
Ca ²⁺	4,89 meq/L	Espectroscopia por Absorción Atómica (EAA)	0-20 meq/L
Mg ²⁺	4,17/L	Espectroscopia por Absorción Atómica (EAA)	12 meq/L
Na ⁺	0,84 meq/L	Espectroscopia de absorción atómica	Hasta 5 meq/L
K ⁺	1,739 mg/L	Espectroscopia de absorción atómica	0-2 mg/L

Analizando los resultados obtenidos, nos encontramos con un agua que no es apta para consumo humano según los valores legislados, pero sí que es aprovechable para su uso como agua de riego.

3. ÍNDICES DE PRIMER GRADO

Comenzamos analizando alguno de los parámetros estudiados:

3.1. pH

El pH del agua es el que determina su acidez y sirve para detectar posibles contaminantes presentes en esta. El intervalo óptimo de pH para el agua de riego se suele encontrar entre 6,5 y 8. En el caso del agua empleada para el riego del proyecto, se obtiene un pH (7,14), lo que está dentro del rango deseado.

3.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para dejar pasar libremente la corriente eléctrica. En el caso del agua empleada en la finca, tiene un valor de 715 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C, lo que se considera un valor medio. En la Tabla 2 se muestran los rangos de conductividad eléctrica y el nivel de riesgo asociado.

Tabla 2. Valores de conductividad y nivel de riesgo

Conductividad eléctrica($\mu\text{S}/\text{cm}$) a 25 °C	Riesgo
0-250	Bajo
250-750	Medio
750-2250	Alto
> 2250	Muy alto

3.3. Contenido total de sales

Las sales presentes en el agua reducen la disponibilidad de agua para el cultivo, provocan un estado de marchitamiento y afectan por tanto a los rendimientos. A partir de 700 $\mu\text{S}/\text{m}$ de conductividad, se produce riesgo para los cultivos más sensibles a las sales. La concentración de sales en la mayor parte de las aguas de riego es menor de 200 mg/l, si bien en aguas subterráneas este valor puede ser más alto.

La relación entre el valor de la conductividad eléctrica y la cantidad de sales disueltas en agua es la siguiente:

$$\text{Contenido en sales} = \text{CE} \times 0.64$$

El contenido en sales del agua del análisis es el siguiente:

$$\text{Contenido en sales} = 0.714 \frac{\text{mmhos}}{\text{cm}} \times 0.64 = 0.4567$$

El valor obtenido se puede interpretar (Tabla 3) como de calidad media-buena, al encontrarse en el límite.

Tabla 3. Relación del contenido en sales con la calidad del agua.

Contenido en sales (g/L)	Calidad
<0.45	Buena
0.45-2	Media
>2	Mala

4. IONES PRESENTES EN EL AGUA

4.1. Cloruros

Una alta concentración de estas sales en el agua puede provocar ciertas fisiopatías en las plantas, como puede ser la clorosis foliar en hojas. La concentración en el agua de estudio es de 20.16 mg/L. Según la FAO (2), el valor crítico a partir del cual pueden existir problemas de fitotoxicidad son los 4 meq/L, valor que se aleja bastante del obtenido en el agua de la parcela, ya que la concentración es de 0.57 meq/L, por lo que se puede afirmar que no habrá problemas por cloruros.

4.2. Nitratos

Es un valor que se debe tener en cuenta sobre todo a la hora de fertilización. En el caso del almendro, es un nutriente que ayudará al desarrollo del árbol, pero puede suponer un problema grave si la cantidad es excesiva. En concreto, se establece un límite recomendado de 50 mg de nitrato por litro de agua y un límite máximo de 100 mg/L. El agua analizada tiene una cantidad de nitratos de 11.41 mg/L, lo que se considera un valor bajo.

4.3. Sulfatos

Los sulfatos no causan grandes problemas a las plantas, aunque contribuyen a la salinidad del agua de riego. Además, están presente en la conductividad y sólidos disueltos del agua, parámetros de calidad de aguas que si están regulados en la normativa internacional. El agua de riego para la parcela de estudio contiene 121 ppm de sulfatos, lo que a priori no tiene por qué ocasionar ningún problema.

4.4. Sodio

Una cantidad de sodio que supere los 3 meq/L puede producir toxicidad en las plantas según la FAO (2). En el caso de estudio, el agua contiene 19.5 ppm de sodio, lo que supone una cantidad de 0.84 meq/L. Por ello, se puede confirmar que no causará problemas a la plantación.

4.5. Magnesio

Es un nutriente importante para las plantas, ya que es un componente importante en la clorofila y, por lo tanto, en la fotosíntesis, lo que repercute en la evolución y desarrollo de las plantas. En el caso del agua de la parcela se observa un valor bajo, ya que la cantidad máxima recomendada es de 12.2 meq/L, y la de la parcela es de 4,17 meq/L.

4.6. Presión osmótica del agua

La presión osmótica del agua aumenta a medida que lo hace su concentración salina. La relación es lineal y puede calcularse por la fórmula:

$$Po = 0.36 \times CE$$

Entonces, el resultado para el agua de la parcela es:

$$Po = 0.36 \times 0,715 \text{ mmhos /cm} = 0,2574 \text{ atm.}$$

5. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO

5.1. Relación de adsorción de sodio

La relación de adsorción de sodio hace referencia a la concentración del ion sodio y los iones calcio y magnesio. De este modo se representa el riesgo de modificación del complejo de cambio. Su valor numérico se determina mediante la expresión:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

donde las concentraciones de los cationes se expresan en meq/L.

Cuando al analizar un agua se encuentran valores de SAR mayores que 10, se puede decir que esa agua es alcalinizante, siendo mayor el riesgo de alcalinización cuanto mayor sea este valor. En este caso, se obtiene un valor de SAR de:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} = \frac{0,84}{\sqrt{\frac{4,89 + 4,17}{2}}} = 0,3946$$

Por lo tanto, al ser 0.3946 menor que 10, se puede considerar un agua óptima para el riego y con una baja alcalinidad.

Tabla 4. Alcalinidad según el SAR

SAR	ALCALINIDAD
0-10	Baja
10-18	Media
18-26	Alta

5.2. Relación de calcio

Esta relación muestra la proporción del contenido de calcio respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/L, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$RCa = \frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+} + Na^+ + Ca^{2+}} = \frac{4,89}{4,17 + 0,89 + 4,89} = 0,49 \text{ meq/L} \times 100 = 49\%$$

El valor de la relación de calcio es de 49%, lo que implica que es buena para el riego, puesto que el límite mínimo se establece en un 35%.

5.3. Relación del sodio

Este parámetro permite estimar el riesgo de alcalinización mediante la relación de cationes sodio, magnesio y calcio. Muestra el contenido de ion sodio que hay en un agua respecto a los restantes cationes, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$RNa = \frac{Na^+}{Mg^{2+} + Na^+ + Ca^{2+}} = 0,089 \text{ meq/L} \times 100 = 8,94\%$$

Sustituyendo en la expresión anterior los valores de meq calculados en el apartado de SAR, obtenemos que la relación de sodio es el 8.94%, por lo que se considera agua apta para el riego.

5.4. Dureza del agua

La dureza del agua está determinada por los iones calcio y magnesio. La dureza se representa mediante los grados hidrométricos y se calcula mediante la siguiente expresión, con los valores en mg/L:

$$\text{GHF} = \frac{(\text{Ca}^{2+} \times 2,5) + (\text{Mg}^{2+} \times 4,12)}{10} = \frac{(97 \times 2,5) + (59 \times 4,12)}{10} = 48,55$$

Como se observa en la Tabla 5 nos encontramos ante un agua dura.

Tabla 5. Valores dureza del agua

TIPO DE AGUA	GRADOS HIDROMÉTRICOS FRANCESES
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

5.5. Índice de Langelier

El índice de Langelier (IL) se utiliza para valorar los posibles riesgos que pueden aparecer por la presencia de calcio y que este precipite. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IL} = \text{pH real} - \text{pH}_c$$

En la fórmula se introduce el pH obtenido del análisis, que corresponde al pH real representado en la fórmula. Por otra parte, pH_c representa el logaritmo de la dureza cálcica. Este valor se puede obtener mediante tablas o bien con la fórmula que se recoge a continuación. En el caso del proyecto se utilizará el método de la fórmula.

$$\text{pH}_c = X + Y + Z$$

En esta fórmula se deben introducir *X*, que se obtiene en función de la concentración de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+$; *Y*, que se calcula en función de la concentración de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$; y *Z*, que se obtiene en función de la concentración de $\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_3\text{H}^-$.

Suma de concentraciones meq/l				
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + Na ⁺		X		
Ca ²⁺ + Mg ²⁺		Y		
CO ₃ ²⁻ + CO ₃ H ⁻		Z		
0,05	2,0	4,6	4,3	
0,10	2,0	4,3	4,0	
0,15	2,0	4,1	3,8	
0,20	2,0	4,0	3,7	
0,25	2,0	3,9	3,6	
0,30	2,0	3,8	3,5	
0,40	2,0	3,7	3,4	
0,50	2,1	3,6	3,3	
0,75	2,1	3,4	3,1	
1,00	2,1	3,3	3,0	
1,25	2,1	3,2	2,9	
1,5	2,1	3,1	2,8	
2,0	2,2	3,0	2,7	
2,5	2,2	2,9	2,6	
3,0	2,2	2,8	2,5	
4,0	2,2	2,7	2,4	
5,0	2,2	2,6	2,3	
6,0	2,2	2,5	2,2	
8,0	2,3	2,4	2,1	
10,0	2,3	2,3	2,0	
12,5	2,3	2,2	1,9	
15,0	2,3	2,1	1,8	
20,0	2,4	2,0	1,7	
30,0	2,4	1,8	1,5	
50,0	2,5	1,6	1,3	
80,0	2,5	1,4	1,1	

Figura 1.Valores índice de Langelier.

Así pues, se introducen las concentraciones de los distintos cationes y aniones en meq/L en la imagen anterior (Figura 1), para poder así obtener los valores de X, Y y Z.

- Concentración de Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ = 9,95
- Concentración de Ca²⁺ + Mg²⁺ = 9,06
- Concentración de CO₃²⁻ + CO₃H⁻ = 7

Cuando ya se han obtenido los sumatorios de las concentraciones, con ayuda de la imagen, se determinan los valores de X, Y y Z:

- X = 2.3
- Y = 2.35
- Z = 2.15

Así pues, el pHc es:

$$pHc = 2.3 + 2.35 + 2.15 = 6.8$$

Utilizando la formula inicial, se obtiene el valor del índice de Langelier:

$$IL = pH \text{ real} - pHc = 7.14 - 6.8 = 0.34$$

De este modo, empleando la Tabla 6, se puede estimar el riesgo de obstrucciones que presenta el agua de la parcela.

Tabla 6. Riesgo de obstrucción según Índice de Langelier

IL	IL RIESGO
Negativo	Ninguno
0	Pequeño
0-0.5	Medio
0.5-1	Alto
>1	Muy alto

Se puede concluir que el riesgo de obstrucción para el sistema de riego es medio, por lo que será importante revisar la instalación con frecuencia para hacer tratamientos ácidos que evitan los precipitados y que generarían problemas mayores en el sistema de riego.

6. CLASIFICACIÓN DEL AGUA

Las normas que a continuación se exponen se basan en la utilización combinada de algunos índices antes descritos. Se adjuntan gráficos correspondientes a la vista de los cuales su interpretación es inmediata.

6.1. Normas H. Greene (FAO)

Fueron preparadas por H. Greene para la FAO; en ellas se toma como base la concentración total de las aguas expresada en meq/L con relación al porcentaje de sodio.

Tabla 7. Conversión de mg/L a meq/L, para los cationes.

CATIONES		
	mg/L	meq/L
Calcio (Ca^{2+})	97,97	4,89
Magnesio (Mg^{2+})	59,15	4,86
Sodio (Na^+)	19,5	0,84
Potasio (K^+)	2,7	0,69
TOTAL	----	11,28

Este porcentaje se calcula respecto al contenido total de cationes expresados en meq/L. Es decir:

$$[\text{Na}^+] \times 100 / \Sigma [\text{Cationes}]$$

- $$[\text{Na}^+] \times 100 / \Sigma [\text{Cationes}] = [\text{Na}^+] * 100 / ([\text{Na}^+] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{K}^+]) =$$

$$= \frac{0,84}{(0,84+4,86+4,89+0,69)} \times 100 = 7,44 \%$$

Tabla 8. Conversión de mg/L a meq/L, para los aniones.

Aniones		
	mg/L	Meq/L
Cloruro (Cl^-)	20	0,57
Nitrato (NO_3^-)	11,41	0,18
Sulfato (SO_4^{2-})	121	2,52
TOTAL		3,27

$$\text{Sales (meq/L)} = \Sigma [\text{Cationes}] + \Sigma [\text{Aniones}]$$

- $$\text{Sales (meq/L)} = \Sigma [\text{Cationes}] + \Sigma [\text{Aniones}] = 11,28 + [0,57 + 0,18 + 2,52] = 14,55 \text{ meq/L}$$

Según esta norma, se puede determinar que el agua tiene una calidad buena para el riego, como se observa en la zona sombreada en amarillo (Figura 2).

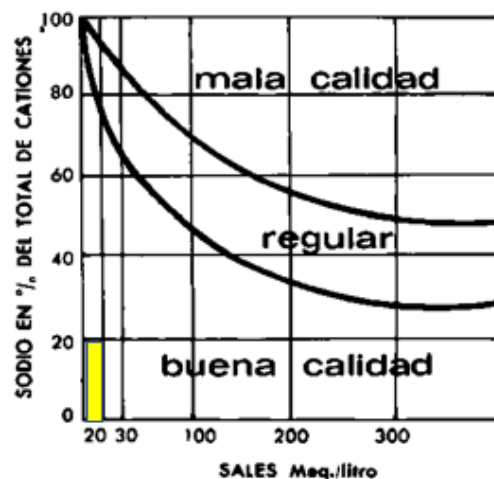


Figura 2. Diagrama para la interpretación del valor de un agua de riego (H. Greene, F.A.O.)

6.2. Norma de Riverside

Tiene en cuenta la conductividad eléctrica y el S.A.R. Según estos dos índices, se establecen categorías o clases de aguas enunciadas según las letras C y S, acompañadas por un subíndice numérico cuyo valor aumenta con el del índice respectivo, variando entre 1 y 4.

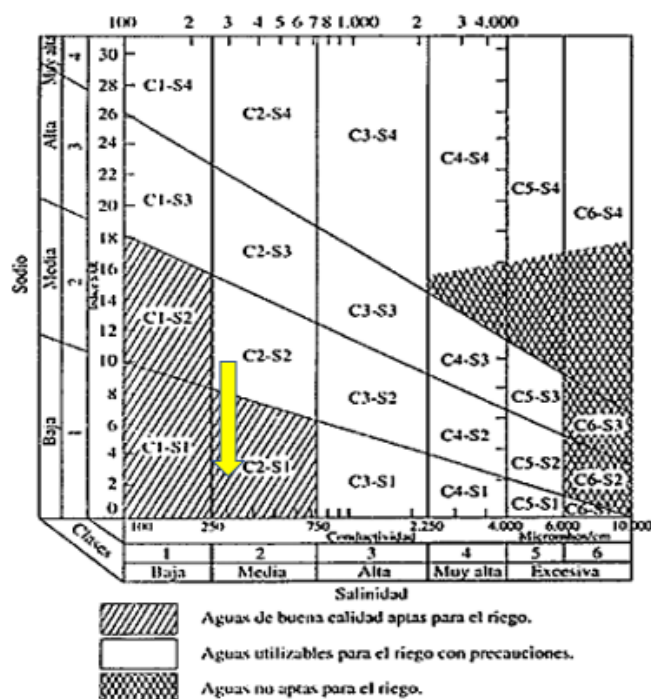


Figura 3. Calidad del agua según normas Riverside.

Entrando en el ábaco (Figura 3) con un valor:

- S.A.R. de 0.3946
- C.E. a 25 °C de 715 $\mu\text{S}/\text{cm}$

se obtiene que se trata de un agua de buena calidad para el riego, tal y como se señala con la flecha en amarillo.

6.3. Normas de Wilcox

Este autor considera como índices para clasificar las aguas de riego el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica en $\mu\text{mhos/cm}$. El porcentaje de sodio (%Na) se ha calculado en el apartado 4.4, y es de 8,94 %. La conductividad eléctrica a 25 °C es de 715 $\mu\text{S/cm}$.

Por lo tanto, según esta norma, entrando en la siguiente gráfica (Figura 4) se obtiene un tipo de agua de excelente calidad, tal y como se observa en la gráfica, señalando con una flecha amarilla donde quedaría el agua analizada.

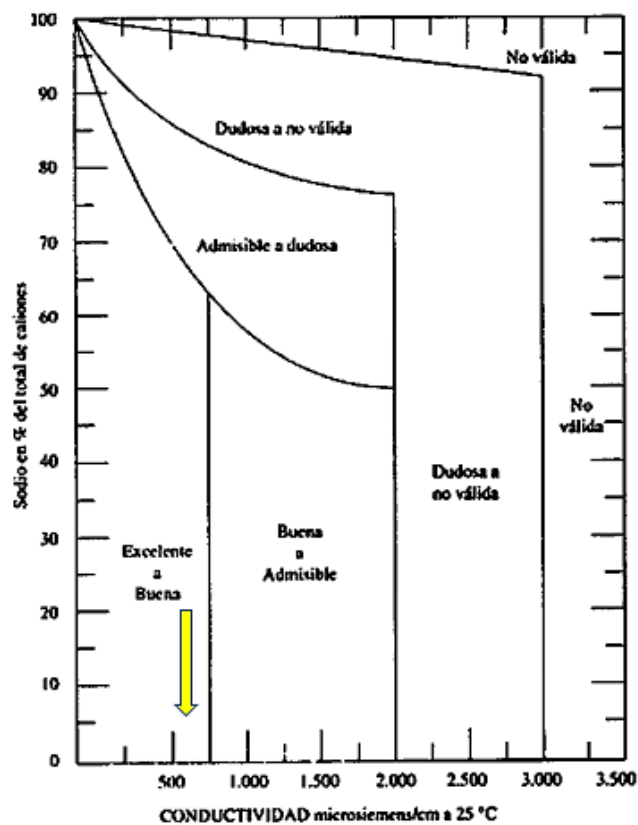


Figura 4. Calidad del agua según las normas Wilcox.

7. CONCLUSIONES

El agua a utilizar para el riego de la parcela tiene un pH ligeramente básico y una conductividad eléctrica, que, según diversos autores, es considerada media. A priori, la concentración de iones no es preocupante, de modo que no es necesario tratar el agua. Por su parte, el SAR no es alto, de modo que se puede aplicar en cualquier tipo de suelos, ya que tiene una baja alcalinidad.

En cuanto a las relaciones de sodio y calcio, están dentro de los límites establecidos para la calidad del agua destinada a riego de cultivos. Sí que habrá que prestar atención a la alta concentración de bicarbonatos, los cuales pueden precipitar en el interior del sistema de riego provocando obstrucciones. Para tratar de controlar este problema se realizarán con la frecuencia oportuna limpiezas del sistema de riego con soluciones ácidas.

En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos para cada una de las normas utilizadas.

Tabla 9. Comparativa clasificación de la agua según varias normas y autores

Método	H.Greene (FAO)	Riverside	Wilcox
Valoración	Agua de buena calidad	Agua de buena calidad	Excelente-Buena calidad

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Monge M. Interpretación de un análisis de agua para riego. Obtenido de iagua: [https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo ...](https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo-...); 2017.
2. Ayers RS, Westcot DW. Water quality for agriculture: Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome; 1985.

ANEJO 6

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1. ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del almendro y requerimientos.....	1
2. ELECCIÓN DEL PLAN PRODUCTIVO	4
2.1. Elección de la variedad	4
2.1.1. Criterios de valor	4
2.1.2. Condicionantes externos	6
2.1.3. Requisitos impuestos por el promotor	8
2.1.4. Principales variedades de interés	8
2.1.5. Evaluación de las alternativas	13
2.1.6. Variedades elegidas.....	14
2.2. Elección del patrón	16
2.2.1. Criterios de valor en la elección del portainjerto	16
2.2.2. Criterios de valor	17
2.2.3. Evaluación de alternativas	18
2.2.4. Análisis multicriterio	21
2.2.5. Porta injerto elegido	21
2.3. Material vegetal	22
3. DISEÑO DE PLANTACIÓN	22
3.1. Marco de plantación.....	22
3.2. Densidad de plantación	24
3.2.1. Alternativa elegida.....	27
3.3. Disposición de los arboles.....	28
3.4. Orientación de las filas.....	28
4. TECNOLOGIA DE LA PLANTACIÓN.....	31
4.1. Sistema de poda de formación.....	31
4.1.1. Criterios de valor	31
4.1.2. Evaluación de las alternativas	31
4.1.3. Alternativa elegida.....	34
4.2. Poda de producción.....	34
4.2.1. Criterios de valor	34
4.2.2. Alternativa elegida.....	35
4.3. Sistema de riego	35
4.3.1. Evaluación de las alternativas	35
4.3.2. Alternativa elegida.....	36
4.4. Mantenimiento del suelo.....	37

4.4.1. Alternativas para el mantenimiento.....	37
4.4.2. Aspectos a considerar	38
4.4.3. Evaluación de alternativas	38
4.4.4. Alternativa elegida.....	42
4.5. Manejo de herbicidas	42
4.5.1. Clasificación de los herbicidas	42
4.5.2. Estrategias de aplicación.....	43
4.5.3. Indicaciones para una correcta aplicación	43
4.5.4. Alternativa elegida.....	45
4.6. Sistema de recolección	45
4.6.1. Identificación de alternativas	45
4.6.2. Criterios de valor	46
4.6.3. Evaluación de las alternativas	46
4.6.4. Alternativa elegida.....	47
5. CONCLUSIONES.....	48
6. FIGURAS ADICIONALES.....	49
7. BIBLIOGRAFÍA	55

1. ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN

El ejecutor del proyecto desea realizar una plantación de almendros. La elección de esta especie viene determinada, fundamentalmente, por la adaptación a las condiciones climatológicas de la zona y su rentabilidad económica. En cuanto a las opciones disponibles para su elección, se determinará la variedad o variedades a implantar en la plantación según los criterios de viabilidad y rentabilidad como la época de floración, la autofertilidad, el vigor, la capacidad productiva, la resistencia en enfermedades, además de la calidad del producto final, a continuación se elegirá el patrón más adecuado para la plantación. Para ello, se tendrá en cuenta la adaptación al suelo de la finca, la afinidad con la variedad, el vigor, la resistencia a enfermedades y por último se tendrá la certeza de que el material vegetal que tenemos a nuestra disposición es de calidad, lo que es un factor básico para el establecimiento de las nuevas plantaciones. Todo lo anterior vendrá condicionado por el tipo de plantación que se proyecta debido a que se pretende establecer una plantación superintensiva, por lo que se tendrá que establecer la densidad y el marco de plantación, la disposición de árboles, orientación de las filas, siguiendo un criterio establecido.

1.1. Descripción del almendro y requerimientos

En cuanto a la clasificación botánica del almendro, este pertenece a la familia de las Rosáceas y a la especie *Prunus dulcis*. Es un árbol de porte, tamaño de copa y hábito muy variable según el cultivar del que se trate.

Algunos caracteres de interés para la clasificación botánica de esta especie son;

- Presenta hojas con nerviación pinnada, una forma geométrica lanceolada, con borde aserrado e inserción peciolada. La flor es de sexo hermafrodita.
- El cáliz posee 5 piezas, concrescencia dialisépala y simetría actinomorfa.
- La corola posee 5 piezas, concrescencia dialipétala, simetría actinomorfa y color blanco-rosado.
- Tiene de 15 a 40 estambres, pero siendo estos siempre múltiplos de 5, son de concrescencia libres, tamaño heterodinamos e inserción en el hipanto.
- Otros caracteres de interés: disponen de un fruto en drupa, crecimiento secundario, fructificación perenne y disponen de yema floral entre dos yemas vegetativas.

Tiene un sistema radicular pivotante en su inicio, pero muy ramificado y expandido posteriormente con epidermis débil y corteza de color marrón con alta capacidad de exploración del suelo de manera que el volumen de suelo utilizado por el sistema radical es entre 5 y 8 veces el volumen de la copa. La raíz tiene gran capacidad de profundizar en el suelo con lo que se adapta bien a suelos pobres y secos y proporciona un anclaje firme y rígido.

Es evidente que el sistema radicular de los almendros será de forma, densidad, eficiencia y desarrollo distinto según el patrón que se emplee en la plantación, además de ser dependiente del tipo de suelo y propagación empleada. Los estaquillados de híbrido almendro-melocotonero también profundizan en general, más que las siembras de semillas procedentes de melocotonero o sus multiplicaciones vegetativas y estos más que los patrones estaquillados de ciruelos.

El tronco, cuando es joven es liso, pasa a ser muy agrietado con el tiempo. Este agrietado es característico de esta especie. El tronco posee, según la variedad, distinta capacidad de ramificación. Su madera es densa y pesada. Tiene hábito de desarrollo vertical, pero con inclinación a cierta tortuosidad.

La altura del árbol es muy variable según la altura de injerto y el tipo de poda que se utiliza, la densidad de plantación, y el tipo de cultivo. En condiciones externas se adapta a formas casi rastreras y arbustivas, pero en suelos adecuados puede crecer hasta más de 10 metros. En general, el volumen de la copa está determinado además de por el patrón, por la altura de la cruz y por las técnicas de cultivo empleadas (1).

Es también un árbol longevo en condiciones favorables. Existiendo ejemplares de más de 120 años, aunque su vida productiva suele ser corta entre 30 y 60 años, reduciéndose todavía más en plantaciones con marcos intensivos o superintensivos.

Los ramos (madera del año) son de color verde, en ocasiones muy vivo, pasando a colores grises pardos o rojizos para evolucionar posteriormente a marrón grisáceo que se va oscureciendo y agrietando al pasar a ramas.

Los órganos fructíferos son ramos mixtos, chifonas y ramilletes de mayo, que presentan yemas solitarias. El de mayor importancia es el ramillete de mayo (Figura 1), siendo formaciones muy cortas, con abundantes yemas axilares y con entrenudos muy cortos. Los frutos se generarán preferentemente sobre órganos con disposición horizontal, teniendo que tener en cuenta este aspecto durante la poda.



Figura 1. Ramillete de mayo, yemas en estado fenológico A (2).

En cuanto a la polinización, en la actualidad existen variedades tanto autocompatibles (no precisa polinización cruzada), como autoincompatibles (precisa polinización cruzada). En este último caso es muy importante colocar insectos polinizadores en la parcela para favorecer el cuajado del fruto, siendo recomendable hacer esta operación con todo tipo de variedades para llegar a obtener elevados rendimientos. Para el caso del presente proyecto, un criterio para la elección varietal de la especie será escoger una variedad autocompatible para maximizar el proceso de polinización.

En cuanto a los requerimientos climáticos del almendro encontramos las siguientes características: El almendro requiere climas benignos para su buen desarrollo. El requerimiento de horas de frío es reducido, alcanzando sólo a 300-600 horas con temperaturas bajo 7°C. Las heladas producidas a fines de invierno o comienzos de primavera constituyen un limitante para su cultivo pese a que las variedades de floración tardía han mejorado esta situación. El estado más susceptible a las bajas temperaturas es cuando el fruto está formado y la semilla se encuentra en estado acuoso.

Pero el almendro también necesita ciertas horas de calor, ya que este mecanismo de las horas-calor permite a la planta encontrarse aún en estado latente cuando todavía hay riesgo de heladas primaverales después de haberse cumplido las horas-frío necesarias para la brotación. El rango de necesidades en calor se sitúa entre 5.500-9.300 (GDH °C) según variedades (3) , como se puede observar en la Figura 2.

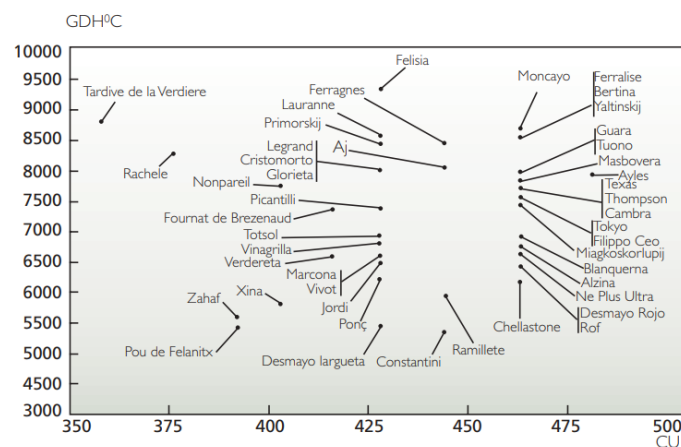


Figura 2. Distribución de las variedades de almendro según necesidades de frío (CU) y calor (GDH°C) (3).

En cuanto a humedad relativa, se ha observado que, si ésta es alta, favorece el desarrollo de algunas enfermedades fúngicas que pueden comprometer la producción. Por último, en cuanto a la adaptación del almendro a los diferentes tipos de suelos, al igual que todos los frutales, está muy relacionada al patrón o portainjerto utilizado. El almendro se adapta mejor a suelos arenosos y de textura franca, es decir, donde la aireación del mismo es buena. Como en la mayoría de los frutales, el suelo no debe tener problemas de drenaje. Un mal drenaje limita la profundidad efectiva del suelo, disminuye el oxígeno del mismo e impide el buen desarrollo radicular. Un mal drenaje favorece las enfermedades producidas por hongos y bacterias. En algunos casos bastan 3 o 4 días de deficiencia de oxígeno en el suelo, para que se produzca muerte de raíces.

En cuanto a salinidad el almendro es susceptible a los altos contenidos de sales en el suelo, especialmente a las de sodio y boro, problemas que se manifiestan con mayor intensidad en períodos de sequía.

2. ELECCIÓN DEL PLAN PRODUCTIVO

Una vez definido el cultivo a implantar en nuestra finca, tenemos que decidir aspectos del plan productivo, como son la variedad y el patrón que formarán nuestros árboles. Necesitamos un patrón con una buena adaptación al suelo, en el mercado disponemos de una amplia variedad de patrones. Por otro lado, las variedades, disponemos de variedades tradicionales que presentan una época de floración temprana, los rápidos avances en la mejora genética, han permitido obtener variedades capaces de florecer hasta más de dos meses después que las variedades tradicionales. Por lo tanto, esto ha supuesto un hito importante y está permitiendo la extensión de su cultivo a zonas que hace unos años sería económicamente inviables. Por ello, el promotor ha decidido establecer una plantación de almendro en el municipio de Monreal del Campo.

2.1. Elección de la variedad

En la elección varietal es necesario conjugar las características de la variedad con una serie de factores (condicionantes internos, condicionantes externos, exigencias del proceso productivo y condicionante impuesto por el promotor).

2.1.1. *Criterios de valor*

Los criterios que se van a tener en cuenta para determinar las variedades a implantar son los siguientes:

Autofertilidad

Las variedades tradicionales son autoestériles, por lo que necesitan de una variedad polinizadora, insectos polinizadores y condiciones climáticas adecuadas en el momento de la polinización debido a la autoesterilidad de estas variedades, para permitir que las flores de la variedad principal sean fecundadas. Debido a la complicación que supone y a la disminución de rendimientos que causa este aspecto, en la plantación únicamente se van a emplear variedades autofértiles, para mejorar la producción y simplificar el manejo de la misma. Pese a ello, hay que tener en cuenta que aparte de que una variedad sea autofértil, ha de estar dotada de un alto nivel de autogamia que le permita a la flor ser fecundada con su propio polen. Esto significa que dicha flor debe tener el estigma en medio de las anteras para poder efectuar esta operación, pero si el estigma sobresale las anteras dicha flor no se podrá fecundar con su propio polen debido a que no será autógena.

Capacidad productiva y tendencia a la vecería

El objetivo en una plantación es obtener altos niveles de cosecha estables a lo largo de la vida útil de esta. Algunas variedades tienen el problema de excesiva fertilidad que ocasiona una alternancia en la producción, también llamada vecería. En el caso de estas variedades muy productivas es importante que se den buenos cuidados de cultivo (podas y abonados adecuados que generen futuras brindillas y ramilletes para el año próximo), para evitar años con mucha carga y años con poca. Esto es debido a que en el almendro no solo se realiza el manejo para obtener cosecha ese mismo año, sino que dichas operaciones repercutirán a futuras cosechas. De modo que este factor lo controlaremos con una adecuada elección varietal, y un buen manejo de la poda, fertilización y riego postcosecha (4).

Vigor y porte

Es un criterio de gran importancia en la plantación. Al tratarse de una plantación superintensiva y de alta densidad será necesario elegir variedades con un vigor adecuado para poder permitir un desarrollo uniforme de la plantación, además, es muy importante que exista un equilibrio entre producción y crecimiento vegetativo para facilitar las operaciones de mecanización, reduciéndose, al mismo tiempo, las necesidades de poda.

Fecha de maduración

Generalmente es preferible una maduración temprana con el fin de que pueda recogerse con mejores condiciones climáticas (evitando de este modo lluvias durante la recolección y tormentas que puedan ocasionar la caída de almendras) y que los árboles tengan más tiempo para reponerse tras la cosecha. En este caso, si colocamos más de una variedad, nos interesa que sea una maduración consecutiva de una variedad sobre la otra, para que la almendra se desprenda del árbol de forma sencilla durante la recolección y no dificultar la recolección al necesitar dos periodos diferentes de cosecha, si las maduraciones están espaciadas en el tiempo.

Desprendimiento del fruto

En general, el almendro no presenta problemas para el desprendimiento, pero algunas variedades se recolectan con mayor facilidad que otras. Hay variedades que se desprenden con excesiva facilidad y si la recolección se retrasa, hay que recurrir a recoger parte de la cosecha en el suelo.

Rendimiento al descascarado

Es la relación porcentual (en peso) entre la almendra en cáscara y la almendra en grano. Interesa cultivar variedades de alto rendimiento ya que, aunque la almendra se comercialice en cáscara, el precio estipulado se fija respecto al grano. A este factor le afecta directamente la elección varietal pero también el manejo de la plantación. Será interesante cultivar aquellas variedades que cuenten con una mayor tasa de rendimiento al descascarado.

Porcentaje de dobles

La presencia de pepitas dobles ha de ser escasa o nula, ya que la deformación que origina limita su posterior manipulación, teniendo los granos simples un peor aspecto, lo cual hace más difícil la comercialización de este producto. También se originan problemas en la extracción de la película en el repelado, de modo que se limita la utilidad del producto como la fabricación de láminas.

Entrada en producción

El tiempo que tarda el árbol en entrar en producción es un aspecto muy importante a tener en cuenta, ya que cuanto antes se produzca, con mayor rapidez se empezará a amortizar la inversión, a la vez que se aprovechan los altos precios a los que cotiza la almendra en la actualidad.

Calidad y tamaño del fruto

El objetivo es cultivar aquellas variedades que tengan un alto nivel de aceptación por el consumidor, hay diferentes parámetros de calidad (% aceite, % ácido oleico, % proteína bruta, por lo que un valor correcto, nos hará contar con un precio de venta más elevado, lo que va a condicionar la rentabilidad del cultivo.

2.1.2. Condicionantes externos

Época de floración

El almendro soporta temperaturas muy bajas cuando está en reposo durante el invierno, por debajo de -20°C . Sin embargo, tanto las flores como los frutos recién cuajados son especialmente sensibles a las bajas temperaturas y pueden dañarse de manera irreversible durante las heladas (5).

En nuestro caso va a ser el criterio más importante a tener en cuenta, ya que de ella va a depender la rentabilidad del cultivo. Se estudiarán las variedades que tengan una floración tardía y extra-tardía para poder eludir las heladas primaverales y asegurar una producción. Además, presentarán una mayor probabilidad de florecer en condiciones climáticas más favorables para el proceso de polinización.

El impacto de las heladas sobre el almendro varía en función del estado fenológico (Figura 3), en el que se encuentre la almendra en su proceso de formación, la variedad, Figura 22, y otros criterios como la edad del árbol.

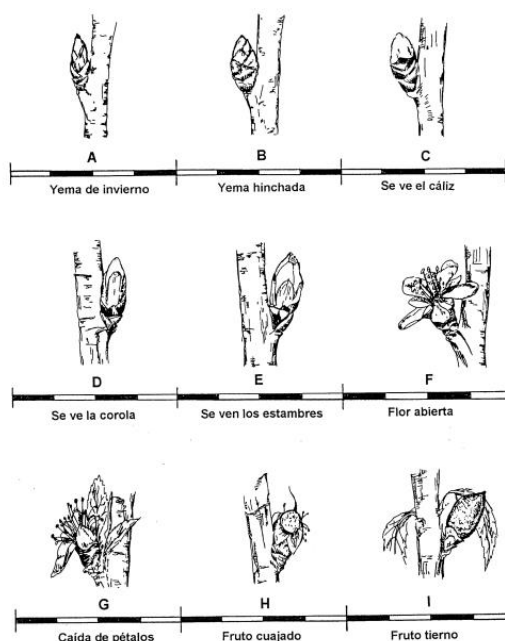


Figura 3. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en almendro (1).

Los frutos recién cuajados (estadio fenológico H, Figura 3) son los órganos más sensibles a las heladas, seguidos de las flores y yemas hinchadas. Estos órganos pueden verse dañados con temperaturas ligeramente inferiores a los -2°C . El almendro es uno de los frutales que tiene una floración más temprana, aunque, como se verá más adelante, se dan grandes diferencias

varietales respecto a la fecha de floración. Por ello, en zonas con riesgo de heladas habrá que poner especial cuidado en escoger variedades de floración tardía y extra-tardía.

A continuación se presenta un esquema en la Figura 4 con las fechas de floración de algunas variedades de mayor interés.

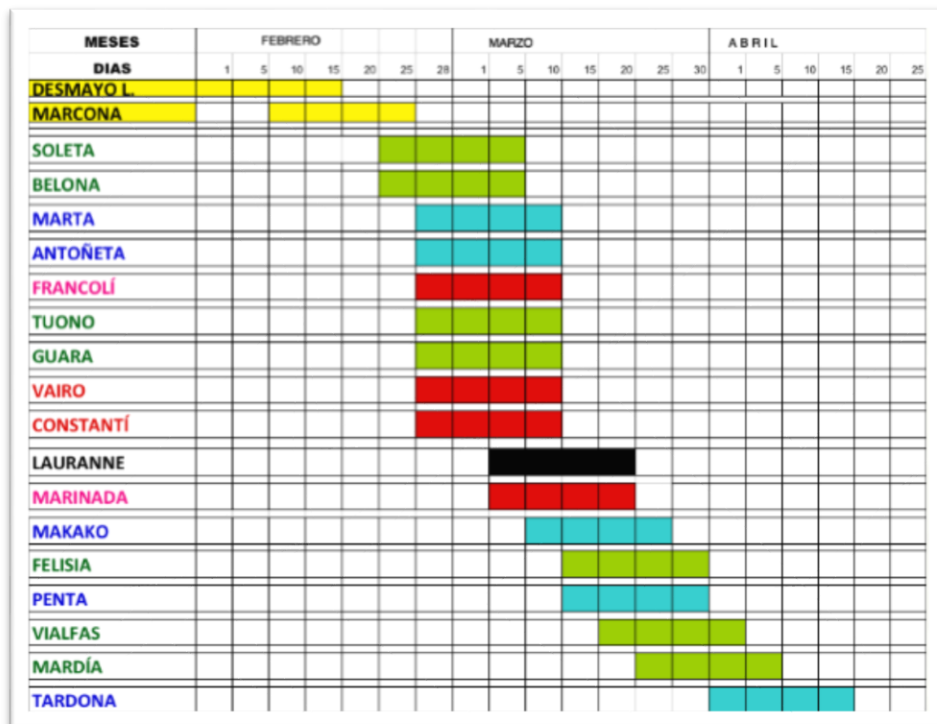


Figura 4. Época de floración de las diferentes variedades de almendro (6).

Resistencia a enfermedades y plagas

Durante estas últimas décadas, la mejora genética ha avanzado mucho para obtener variedades tolerantes a plagas y enfermedades a fin de evitar tratamientos y posibles problemas posteriores. Resulta interesante elegir aquellas variedades que presenten una resistencia adecuada a las enfermedades más frecuentes en el cultivo del almendro. Hay que tener claro que en la mayoría de los casos siempre vamos a poder combatir una plaga mediante tratamientos fitosanitarios pero una vez que esta se implante el cultivo va a afectar a la producción final, de modo que es importante prevenirlas mediante variedades resistentes. Dependiendo de la zona a implantar el cultivo existen unas enfermedades y plagas más comunes. Algunas de las enfermedades más comunes del almendro en nuestra zona son: "Monilia", "Fusicoccum", "Taphrina", "Mancha ocre". Podemos observar como algunas variedades son más resistentes que otras, Figura 25 y Figura 26.

Adaptabilidad a la zona

Es un factor determinante a la hora de elegir una variedad, ya que no existe una variedad ideal, sino que cada variedad según sus características y adaptabilidad será la más adecuada para implantar en nuestra plantación. Serán preferibles variedades obtenidas en centro de

investigación españoles, ya que estarán mejor adaptadas al territorio. También es importante la experiencia de variedades manejadas en otras plantaciones de la zona que nos permita determinar su grado de adaptación.

2.1.3. Requisitos impuestos por el promotor

Existen una serie de requisitos que el promotor considera indispensables a la hora de elegir una variedad y serán ponderados con un mayor coeficiente de corrección en la matriz de efectos, estos son los siguientes:

- Todas las variedades ponderadas serán autofértiles y con alto nivel de autogamia.
- Variedades de floración tardía.
- Variedades de maduración media

La idea del promotor es la elección de dos variedades de floración tardía, con un pequeño desfase en la floración para minimizar el impacto de las heladas tan comunes en la zona y con una fecha de maduración similar para reducir gastos de recolección al no disponer de cosechadora propia y tener que recurrir a una subcontrata.

2.1.4. Principales variedades de interés

La clasificación de variedades comerciales disponibles se puede realizar en función de varios parámetros Como país de origen, época de floración y madurez, vigor, producción, resistencia a enfermedades. Sin embargo, debido a que la época de floración es el parámetro más importante para la zona de estudio, es el método que se va a aplicar para la clasificación de las variedades, agrupándose de la siguiente forma:

- **Variedades de floración temprana:** Son las variedades tradicionales como la *Marcona* o la *Desmayo Largueta*.
- **Variedades de floración tardía:** Florecen entre 20 días y un mes después de las de floración temprana, dependiendo la zona y el año, siendo las más importantes *Guara*, *Soleta*, *Marta*, *Belona*, *Glorieta*, *Lauranne*, *Vairo*, *Constanti*, *Antoñeta*, *Masbovera*, *Ferragnés*, *Ferraduel*.
- **Variedades de floración muy tardía:** Florecen entre uno y dos meses después de las de floración temprana. Destacan variedades como *Marinada*, *Tarraco* y *Felisía*.
- **Variedades de floración extra-tardía:** Son capaces de florecer hasta más de dos meses después a las de floración temprana, siendo las más importantes: *Mardía*, *Penta*, *Vialfas* y *Tardona*

Se van a analizar las variedades que cuenten con una floración tardía o extratardía, que serán las más viables en la zona. Estas variedades van a ser las siguientes: *Guara*, *Soleta*, *Belona*, *Lauranne*, *Marinada*, *Mardía*, *Penta*, *Vialfas* y *Tardona*.

Guara

Origen: CITA de Aragón

Floración: Floración tardía (3 marzo permanece al 50 % de la floración).

Vigor y porte: vigor medio, porte muy abierto y escasa intensidad de ramificación. Su porte genera una difícil formación y poda.

Fruto (% pepitas dobles, calidad y características): 11,9 % de pepitas dobles, (un porcentaje alto de almendras dobles, dos semillas dentro de la cáscara), 37,5% de rendimiento al descascarado y 23,1 % de rendimiento en pepita.

Producción (vecería): Capacidad productiva alta/ muy alta y no genera vecería.

Polinización: Variedad autofertil con elevado nivel de autogamia.

Tolerancia a enfermedades: Sensible al *Fusicoccum* y muy sensible a la *mancha ocre*.

Fecha de maduración: Temprana (en torno al 23 de agosto).

Necesidades frío y calor: 340/8159

Entrada en producción: Precoz.

Soleta

Origen: CITA

Floración: Tardía (1 de marzo permanece a media floración).

Vigor y porte: vigor medio y porte semi-abierto. Buen equilibrio entre producción y desarrollo vegetativo, lo cual facilita las tareas de poda y manejo.

Fruto (% pepitas dobles, calidad y características): no genera pepitas dobles, rendimiento al descascarado del 27-35 %, 61,8% de materia grasa, 20%proteína y 69,2% de ácido oleico (7).

Producción (vecería): Capacidad productiva alta/ muy alta y no genera vecería.

Polinización: Variedad autofértil con elevado nivel de autogamia.

Tolerancia a enfermedades: Sensible a la mancha ocre pero no tanto como la variedad "Guara".

Fecha de maduración: Tardía (17 de septiembre).

Necesidades frío y calor: 340/7872

Observaciones: Pepita muy similar a la *Desmayo largueta* lo cual le otorga un distintivo en cuanto a precio de venta dado a la facilidad de esta al tostado.

Belona

Origen: CITA.

Floración: Tardía (1 de marzo permanece a media floración).

Vigor y porte: Porte semi-abierto y vigor medio

Polinización: Variedad autofértil con elevado nivel de autogamia.

Fruto: Rendimiento de 27-35 %, no genera pepitas dobles, 65,4% de materia grasa, 16,4% de proteína y 75,6% de ac. oleico.

Tolerancia a enfermedades: media-alta.

Fecha de maduración: Media-tardía (8 de septiembre).

Producción: Capacidad productiva alta.

Entrada en producción: Precoz.

Necesidades frío y calor: 353/7741

Observaciones: muy buena calidad de grano ya que puede sustituir comercialmente a la variedad *Marcona*.

Lauranne o Avijor

Origen: INRA francés. Se obtuvo del cruzamiento *Ferragnès x Tuono*.

Floración: tardía (10 marzo 50 % de la floración)

Vigor y porte: vigor reducido, porte abierto y fácil de podar.

Polinización: Variedad autofértil con elevado nivel de autogamia.

Fruto: rendimiento al descascarado elevado del 35 %, no genera pepitas dobles

Tolerancia a enfermedades: media

Fecha de maduración: temprana (30 agosto)

Producción: Capacidad productiva alta/ muy alta y no genera vecería

Entrada en producción: media.

Necesidades de frío y calor: 430/8600

Observaciones: grano de gran calidad.

Marinada

Origen: IRTA

Floración: Floración muy tardía (igual que *lauranne*).

Vigor y porte: Vigor moderado y porte semi-erecto, es muy fácil de formar y podar.

Polinización: Autofértil, mostrando un buen nivel de autogamia.

Fruto: Buen fruto, rendimiento al descascarado del 31 %.

Tolerancia a enfermedades: media-alta.

Fecha de maduración: tardía (15 septiembre).

Producción: excelente capacidad productiva.

Entrada en producción: precocidad en la entrada en producción.

Observaciones: útil para la realización de plantaciones de alta densidad.

Mardía

Origen: CITA de Aragón

Floración: Floración tardía (25 de marzo)

Vigor y porte: vigor medio-alto y porte erecto

Polinización: Variedad autofértil con elevado nivel de autogamia

Fruto: tamaño de pepita medio a grande con un rendimiento al descascarado del 24%, y un elevado contenido en ácido oleico.

Tolerancia a enfermedades: tolerante a mancha ocre.

Fecha de maduración: maduración temprana (2 septiembre)

Producción: muy productiva

Entrada en producción: rápida entrada en producción

Necesidades frío y calor: 503/10663

Observaciones: No adaptada a la alta densidad.

Penta

Origen: CEBAS-CSIC

Floración: Floración extra-tardía (18 marzo)

Vigor y porte: vigor intermedio, un porte equilibrado y ramificación elevada.

Polinización: autofertilidad elevada.

Fruto: El fruto es de calidad media con un rendimiento al descascarado del 27 %.

Tolerancia a enfermedades: buena resistencia a enfermedades.

Fecha de maduración: media 30 agosto

Producción: gran productividad.

Entrada en producción: precoz.

Observaciones: Facilidad de recolección.

Vialfás

Origen: CITA de Aragón. Procede del cruzamiento *Felisia* x *Bertina*.

Floración: Floración muy tardía (22 de marzo).

Vigor y porte: Vigor medio-bajo, porte ligeramente erecto, bastante ramificación.

Polinización: nivel elevado de autogamia.

Fruto: Rendimiento al descascarado del 25%, elevado contenido en ácido Oleico 77,75%.

Tolerancia a enfermedades: Muy tolerante (mancha ocre).

Fecha de maduración: Maduración temprana (30 agosto).

Producción: muy productiva.

Entrada en producción: precoz.

Necesidades frío y calor: 503/10063.

Observaciones: Pepitas acorazonadas grandes, de muy buena calidad gustativa.

Tardona

Origen: CEBAS-CSIC

Floración: floración extra-tardía (5 abril)

Vigor y porte: vigor medio y porte semi-abierto con ramificación abundante.

Polinización: auto fertilidad media

Fruto: Almendra de tamaño algo pequeño con rendimiento al descascarado del 25 %, sin almendras dobles.

Tolerancia a enfermedades: resistencia a enfermedades media.

Fecha de maduración: tardía (13 septiembre)

Producción: productividad media

Entrada en producción: semi-precoz

Observaciones: Muy tolerante a las heladas, adaptada a la alta densidad.

Tabla 1. Fecha de maduración de las variedades analizadas.

VARIEDAD	FECHA DE MADURACIÓN
GUARA¹	23 de agosto
MARDIA	30 de agosto +7 días
LAURANNE	30 de agosto
PENTA	30 de agosto
VIALFAS	2 de septiembre +10 días
BELONA	8 de septiembre +16 días
TARDONA	13 de septiembre +21 días
MARINADA	15 de septiembre +23 días
SOLETA	17 de septiembre +25 días

1 En rojo, los días de diferencia respecto a la variedad *Guara*.

En la Tabla 1 podemos ver la fecha de maduración de las variedades analizadas y la diferencia de floración respecto de la variedad *Guara*.

2.1.5. Evaluación de las alternativas

La elección de las variedades se lleva a cabo en varios pasos, primero se tiene en cuenta un abanico amplio de variedades que pudieran ser interesantes para la explotación teniendo en cuenta los principales requisitos impuestos por el promotor y siendo conscientes de la disponibilidad, de la planta en los viveros.

Tras un análisis previo en base a los factores más influyentes, se selecciona un grupo de 9 variedades.

A continuación, se realiza un análisis exhaustivo, valorando la incidencia de los diversos factores o condicionantes sobre cada una de las variedades preseleccionadas. Se tiene en cuenta la importancia del factor, mediante un coeficiente de ponderación, a la hora de obtener la valoración global.

Al final se obtiene un orden de preferencia entre las variedades en el análisis multicriterio. Esta jerarquización será la base para el posterior dimensionamiento de la explotación.

Tabla 2. Análisis multicriterio de las diferentes variedades disponibles. La valoración se realiza mediante una escala cuantitativa con valores de 0 (muy desfavorable) a 5 (muy favorable).

Factor	Coficiente ponderación	Belona	Guara	Lauranne	Mardia	Marinada	Penta	Soleta	Tardona	Vialfas
Entrada en producción	1	4	4	4	4	5	4	4	3	4
Vigor y porte	1,5	3	4	4	4	4	4	3	4	4
Época de floración	2	3	3	4	5	4	5	2	5	5
Resistencia heladas	1	3	4	4	4	4	3	4	4	4
Resistencia a enfermedades	1	4	3	4	4	3	3	3	4	4
Capacidad productiva	1,5	3	4	4	3	4	4	4	3	4
Tamaño y calidad del fruto	1	4	4	4	3	4	3	4	3	4
Rendimiento al descascarado	1	5	5	4	2	3	3	5	2	3
Fecha de maduración	2	3	4	5	5	3	5	3	3	5
TOTAL		41	46	50	47,5	45	48	40,5	45,5	51

2.1.6. Variedades elegidas

En la plantación se van a establecer dos variedades distintas que permitirán ampliar la variabilidad de la oferta al mercado, lo que reducirá los riesgos, otorgando una mayor estabilidad económica a la explotación. Además, con más de una variedad se facilita el calendario de labores en la plantación.

Las dos variedades a elegir serán aquellas que hayan presentado una mayor puntuación en el análisis multicriterio, Tabla 2, por lo que se apreciar las que han obtenido una puntuación más alta, y por tanto van a ser las elegidas. En este caso, se va a cultivar la variedad *Vialfás*, que ha obtenido 51 puntos y la variedad *Lauranne*, que ha obtenido 50 puntos.

Los aspectos más destacables de estas variedades son (Tabla 7):

En la variedad *Lauranne*, su época de floración es tardía, lo cual es un aspecto de obligatorio cumplimiento en la zona, rápida entrada en producción, bajo vigor (Figura 23) y porte abierto o tipo *Guara* (Figura 24), lo que se hace imprescindible en una plantación superintensiva. Es autofértil (requisito impuesto por el promotor), por lo que no es necesario establecer otra variedad polinizadora. Tiene una buena capacidad de producción, presenta un cuajado elevado (Figura 29), así como un elevado rendimiento al descascarado, 35 %, una cascara semi-dura con una pepita de tamaño intermedio, Figura 5, y una maduración de temprana a media (Tabla 1). Presenta unas necesidades de frío 430UFC y unas necesidades de calor de 8600 GHC. Presenta una elevada resistencia a *mancha ocre* (Figura 25) y *moniliosis* (Figura 27), tolerancia media a *cribado* (Figura 28) y algo susceptible a *Fusicoccum* (Figura 26).



Figura 5. Almendra variedad 'Lauranne' (8)

La variedad *Vialfas*, su época de floración es extra-tardía (Figura 6), lo cual es un aspecto de obligatorio cumplimiento en la zona, rápida entrada en producción, bajo vigor y porte ligeramente erecto, algo imprescindible en una plantación superintensiva. Es auto compatible, por lo que no es necesario establecer otra variedad polinizadora, además, presenta un elevado cuajado. Tiene una buena capacidad de producción, así como un bajo rendimiento al descascarado del 25%. Tiene una cáscara dura, una pepita de tamaño medio, con contenidos medios en proteína, aceite, tocoferoles y fitoesteroles, pero extremadamente elevado en ácido oleico 77,75 %. Su época de maduración es temprana-media varios días después que

Lauranne, Presenta unas necesidades de frío 503 UF y unas necesidades de calor de 10.066 GHC. Además, tiene una excepcional resistencia a enfermedades.

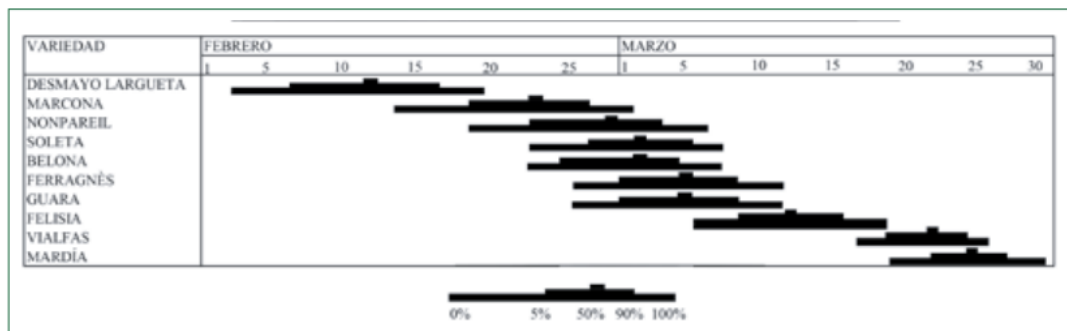


Figura 6. Fecha de floración media de *Vialfas* en relación a otras variedades (media de 7 años). Los porcentajes indican la proporción de flores abiertas (9).

Respecto a la resistencia a las heladas, muy significativas fueron las observaciones en los años 2003 y 2004, con heladas muy fuertes en la mayoría de zonas productoras de almendra en España. Mientras que variedades consideradas resistentes como *Guara* sufrieron importantes pérdidas de cosecha, *Vialfas* no sufrió ningún daño debido a su fecha de floración extremadamente tardía (9).



Figura 7. Almendra variedad *Vialfas* (8).

Por lo tanto, se puede concluir que las variedades elegidas presentan unas características muy atractivas para ser cultivadas en la zona de ubicación del proyecto, y podrán garantizar la rentabilidad de la inversión.

2.2. Elección del patrón

En España, el portainjerto más utilizado en el pasado ha sido el franco de almendro, obtenido de la siembra de las almendras. Este portainjerto, con un potente sistema radicular, resistente a la sequía y a la caliza, es muy adecuado para la adaptación del almendro al secano y a terrenos pobres y marginales(10). En los años 70, la aparición de los híbridos *almendro x melocotonero* supuso un gran cambio. Inicialmente, estos se utilizaron para el cultivo del melocotonero, pero posteriormente, debido a su buen comportamiento, también se utilizaron ampliamente en almendro. En los últimos años el portainjerto *INRA GF-677*, está siendo el más utilizado tanto en secano como en regadío (11). Recientemente, han aparecido numerosos portainjertos híbridos *almendro x melocotonero*, así como otros híbridos interespecíficos dentro del género *Prunus* (12). Algunos de ellos han empezado a desplazar el portainjerto *INRA GF-677* en plantaciones de melocotonero y en menor medida de almendro. Los portainjertos híbridos obtenidos por el CITA de Zaragoza, *Garnem*, *Monegro* y *Felinem* (13), presentan características similares al *INRA GF-677*, y aportan tolerancia a algunas especies de nematodos, además, el color rojo de sus hojas facilita su manejo en vivero. Asimismo, empresas del sector viverístico español comercializan nuevos híbridos con diferentes escalas de vigor, como la serie *Rootpac*® (14). Algunos de estos portainjertos ya están en el mercado y otros todavía están en fase de experimentación, como los obtenidos por el IRTA (*selección IRTA 1* y *selección IRTA 2*). En este sentido, es necesario evaluarlos todos en las nuevas variedades de almendro, con el fin de ver su compatibilidad y el comportamiento agronómico que le confieren.

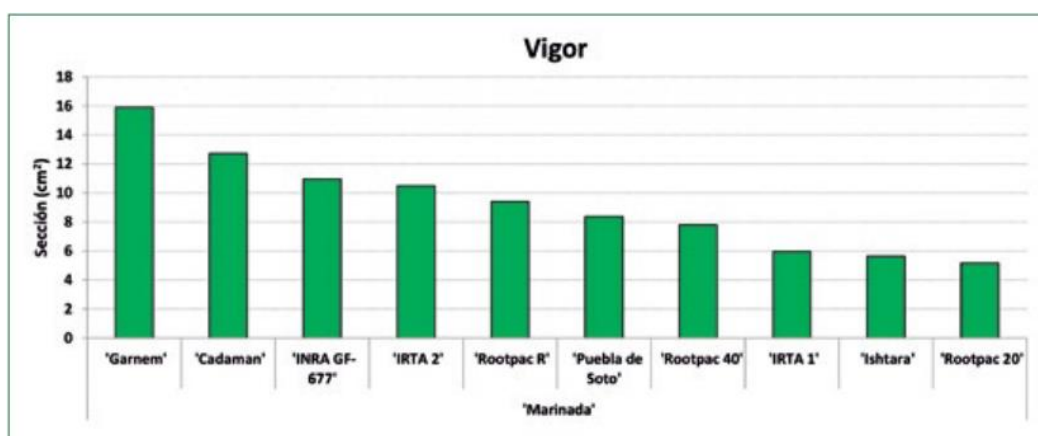


Figura 8. Vigor: sección acumulada de los distintos portainjertos en el tercer año de crecimiento con la variedad *Marinada*. Ensayo de portainjertos del IRTA, con un marco de plantación de 5,5 x 3,5 m (15).

2.2.1. Criterios de valor en la elección del portainjerto

El sistema radicular de los árboles frutales y por tanto el estudio de los patrones merece como mínimo una atención similar al de las variedades en los actuales sistemas de producción, ya que el patrón influye en gran medida sobre la variedad en su entrada en producción, su vigor y por lo tanto en la rentabilidad de nuestra explotación. La elección del patrón es un factor determinante para alcanzar el éxito de la plantación. El conocimiento y el estudio de las características edafoclimáticas de la zona y las condiciones agronómicas del patrón son el punto de partida para decidir la mejor combinación patrón/variedad, en este caso con *Vialfás* y *Lauranne*.

En la elección del patrón es necesario conjugar las características del patrón con una serie de factores (condicionantes del patrón, exigencias del proceso productivo y condicionante impuesto por el promotor). Para ello, se realizará una matriz de efectos donde se valorarán una serie de parámetros dispuestos a continuación.

2.2.2. Criterios de valor

Profundidad de las raíces y anclaje al suelo

Hay que considerar la profundidad de las raíces principales y raíces laterales, dependiendo esto de las distintas variedades de cada especie y de la granulometría del suelo. Además, es importante un buen anclaje del árbol al suelo, dado que se trata de una plantación con un nivel de mecanización elevado, tanto en lo que respecta a la poda como a la recolección.

Tolerancia a la asfixia radicular

En suelos con escaso drenaje o exceso de riego, en el que se pueda acumular agua en el suelo, puede deprimir y llegar a matar los árboles durante el ciclo vegetativo. Para esto, se analiza la respuesta del patrón bajo condiciones de encharcamiento, por lo que está relacionado directamente con la textura del suelo. El suelo de la parcela, presenta una textura franco arcillosa, por lo que es algo más fina de lo ideal. Por este motivo, aunque no se prevén problemas en este aspecto, conviene tenerlo en cuenta. Generalmente son más susceptibles los árboles jóvenes que los adultos, aunque no siempre es así. Se puede considerar que un sistema radicular más superficial lo hace más tolerante a asfixia y por lo tanto menos susceptible a infecciones de hongos.

Tolerancia a la salinidad

Por norma general las especies frutales son extremadamente sensibles a la salinidad, pudiendo considerarse que para esas conductividades eléctricas de 4 dS/m de extracto de pasta saturada o de 6 dS/m de agua de riego se pierde la producción, llegando a la muerte del árbol. Las sales solubles provocan un aumento de la presión osmótica que tiene una incidencia negativa sobre el crecimiento de la planta.

Homogeneidad

Los patrones tienen una gran importancia en la homogeneidad en el desarrollo de los árboles de la plantación. Interesa que los árboles tengan un crecimiento, igual, sin que existan grandes diferencias entre ellos, que nos pueda provocar posibles competencias desequilibradas entre los árboles de la plantación. Por este motivo se buscará que los patrones tengan la misma edad.

Compatibilidad patrón-injerto

Es muy importante que exista una buena compatibilidad entre el patrón y la variedad injerto. Interesa una buena unión para evitar posibles roturas mecánicas, bien sea por viento, recolección mecanizada, soporte de peso, etc. También podemos tener casos de incompatibilidad manifestada tras varios años de un comportamiento normal.

Productividad

El patrón debe inducir a la variedad la entrada en producción en el menor número de años posible. La producción de almendras debe ser constante a lo largo de los años, abundante y de buena calidad.

Resistencia a la sequía

Debido a que la plantación va a estar bajo condiciones de riego, la resistencia a la sequía no es un aspecto a tener en cuenta. No obstante, pudiera ser un factor a tener en cuenta si se llevaran a cabo programas de riego deficitario

Resistencia a parásitos y enfermedades.

Dado que se trata de una nueva plantación y con una vida útil corta, no se esperan problemas importantes en este aspecto. Sin embargo, por tratarse de una plantación de muy alta densidad conviene tenerlo en cuenta.

2.2.3. Evaluación de alternativas

Las posibilidades de elección que existen en este momento para el cultivo del almendro, permiten adoptar el patrón más apropiado a las condiciones del suelo y del sistema de cultivo. No obstante, los más importantes son los francos de almendro y melocotonero, los híbridos melocotonero x almendro y los ciruelos de crecimiento lento.

Patrones francos de almendro

Se trata de patrones obtenidos a partir de semillas amargas, que tienen un desarrollo radicular profundo, lo que los convierte en idóneos para condiciones de secano. Además, presentan una alta resistencia a la clorosis férrica, muy buena compatibilidad con todas las variedades y confieren una elevada longevidad del árbol.

Sin embargo, no presentan unas características adecuadas para una plantación en superintensivo, ya que son muy vigorosos y heterogéneos, alargan la entrada en producción, son sensibles a la asfixia radicular y a enfermedades, lo que los convierte en unos patrones totalmente inviables en plantaciones de alta-muy alta densidad. Las características positivas del franco de almendro son la rusticidad (otorga capacidad de vegetar en suelos pobres y con altos contenidos de caliza) y la extensión en profundidad de las raíces, variando esta última característica según el tipo de suelo.

En España los más utilizados han sido los francos procedentes de la variedad *Garrigues*, que da lugar a plantas bastante homogéneas y con un sistema radicular fuerte y muy ramificado, aunque emiten anticipados en la zona del injerto, lo que dificulta y encarece la operación. Otros francos menos utilizados, que presentan una zona de injerto menos ramificada son los procedentes de la variedad *Atocha* (16), (17).

Patrones francos de melocotonero

Al igual que los francos de almendro, estos patrones se obtienen a partir de semillas, por lo que presentan un sistema radicular profundo y pivotante. Además, presentan una adecuada tolerancia a enfermedades y una adecuada afinidad con las variedades de almendro. En

comparación con los francos de almendro, están mejor adaptados a condiciones de regadío, favorecen un desarrollo más rápido de los árboles, adelantan la entrada en producción y garantizan una mayor homogeneidad, ya que las semillas son obtenidas por autofecundación. Sin embargo, son patrones muy vigorosos, son más sensibles a la clorosis, necesitan de suelos más fértiles y se reduce su longevidad. Por lo tanto, aunque el suelo de la parcela donde se va a ubicar el proyecto sea neutro, el elevado vigor de estos patrones los convierte en una elección totalmente inviable en una plantación de muy alta densidad. Otra característica negativa es que continúan siendo sensibles en alto grado a algunos de los patógenos frecuentes: *Agrobacterium*, *Armillaria*. Destacan algunos patrones como el *INRA-GF-305*, *Lovell*, *Nemaguard*, *Nemared* (17).

Patrones híbridos de melocotonero x almendro

En lo que respecta al cultivo del almendro, existe una experiencia importante del uso de híbridos entre almendro y melocotonero porque son ya varios los clones difundidos a nivel comercial desde hace bastantes años. Estos patrones presentan unas características intermedias entre ambos, siendo las más destacables un destacable sistema radicular, tolerante a la caliza y adaptado tanto al secano, como al regadío, una adecuada compatibilidad con las variedades de almendro. Para contrarrestar estas características de elevado vigor, indeseables en las plantaciones modernas de alta densidad, el INRA francés ha seleccionado algunos patrones de vigor más contenido y mayor homogeneidad, como el *GF-677* y *GxN-15*. El patrón *GF-677* se caracteriza por su resistencia a la clorosis férrica y a la asfixia radicular. Sin embargo, es muy vigoroso y sensible a los nematodos. Existen varias selecciones propagadas a nivel comercial que han ido sustituyendo poco a poco el uso del *GF-677* como *Adafuel*, *Felinem* y *Garmen*.

El patrón *GxN-15* (*Garnem*) presenta una buena resistencia a la clorosis férrica, buena tolerancia a la asfixia radicular y una buena tolerancia a los nematodos, la característica más importante, al menos de los patrones más difundidos en la última década, los llamados híbridos rojos *Felinem*, *Garmen* y *Monegro*. Sin embargo, se trata también de un patrón muy vigoroso, por lo que no es recomendable para plantaciones superintensivas.

En la actualidad, se han desarrollado otros patrones híbridos que mejoran las características de estos anteriores, siendo uno de los más importantes el *Rootpac-40* (*Nanopac*). Este nuevo patrón se ha obtenido a partir del cruzamiento entre híbrido de melocotonero x almendro (*Prunus dulcis* x *Prunus persica*) x (*Prunus dulcis* x *Prunus persica*). Presenta un vigor un 25% menos que el *GF-677*, aunque con un sistema radicular bastante desarrollado, tiene una buena compatibilidad con las variedades de almendro, otorga un porte erguido, gran productividad y adelanta la madurez del fruto de 3 a 7 días. Además, presenta una buena resistencia a enfermedades.

Patrones híbridos de ciruelo

Existen patrones híbridos de ciruelo de crecimiento rápido y lento. Los de crecimiento lento son los más interesantes en plantaciones de alta densidad, ya que proporcionan un vigor reducido y presentan buen comportamiento en suelos asfixiantes. Además del reducido vigor,

permiten un adelanto en la madurez del fruto, así como cierta resistencia a la clorosis y a la salinidad. Sin embargo, precisan de suelos fértiles y condiciones de regadío.

El patrón más interesante, a día de hoy, es el *Rootpac-20*. Sus características más destacables son su reducido vigor, hasta un 50% que el *GF-677*, buena compatibilidad con las variedades de almendro, porte erecto y compacto, altamente productivo, con buen calibre y calidad del fruto, precocidad de maduración y gran adaptabilidad a plantaciones de alta densidad, suelos pesados y zonas frías. Además, presenta una tolerancia media a enfermedades.

Por último, un patrón ideal para replantación y suelos problemáticos es el *Rootpac-R* híbrido natural de un ciruelo Myrobolan (*Prunus cerasifera* Ehr.) y un almendro. Destaca por su polivalencia en relación a la compatibilidad con gran número de especies, proporciona una buena calidad de fruta, es productivo y adelanta la maduración. Presente también un amplio espectro de adaptación, recomendable para sitios de replante. Muestra una resistencia a nematodos *meloidogyne*, al mismo nivel que portainjertos de referencia como el *Garnem* (18).

Tabla 3. Portainjertos de la serie Rootpac, nombres y origen (19).

Nombre	Denominación Varietal	Origen
Rootpac 20	Densipac	<i>P.besseyi</i> X <i>P.cerasifera</i>
Rootpac 40	Nanopac	(<i>P.dulcis</i> x <i>P.persica</i>) x (<i>P. dulcis</i> x <i>P.persica</i>)
Rootpac 70	Purplepac	(<i>P. persica</i> x <i>P. dulcis</i>) x (<i>P. davidiana</i> x <i>P.persica</i>)
Rootpac 90	Greenpac	(<i>P.davidiana</i> x <i>P.persica</i>) x (<i>P. dulcis</i> x <i>P.persica</i>)
Rootpac R	Replantpac	<i>P.cerasifera</i> x <i>P.dulcis</i>

En la Tabla 3 , podemos ver agrupados todos los portainjertos de la serie Rootpac, con sus orígenes y sus nombres comunes.

Tabla 4. Patrones híbridos con algunas de sus respectivas cualidades (6).

Patrones híbridos	Obtendor	Origen genético	Adaptación			Comportamiento Patógeno	
			T ¹	sequía	calcáreo	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>
<i>Monegro</i>	CITA	<i>Prunus amygdalus</i> X <i>Prunus persica</i>	-	R	S	R	S
<i>Garnem</i>	CITA	''	Bajas	R	S	R	S
<i>GF-677</i>	CITA	''	-	R	S	R	S
<i>Rootpac-40</i>	Agromillora	((Híbrido m x a) x (Híbrido m x a)	Calidad	S	S	mR	S
<i>Rootpac-20</i>	Agromillora	<i>P. besseyi</i> x <i>P. cerasifera</i>	Bajas	T	T	R	R
<i>Rootpac-R</i>		<i>P. cerasifera</i> x <i>P.dulcis</i>	-	R	T	R	-

¹R: Resistente; S: Susceptible; T: Tolerante; mR: Moderadamente resistente

2.2.4. Análisis multicriterio

Para la elección del patrón más adecuado para la plantación se realiza la matriz de análisis multicriterio. En una primera valoración se tiene en cuenta un abanico amplio de patrones que pudieran ser interesantes para la explotación teniendo en cuenta los principales condicionantes impuestos por el promotor, siempre que de ellas se encuentre planta disponible en los viveros. Tras un análisis previo en base a los factores más influyentes, se selecciona un nutrido grupo de patrones, 5 en nuestro caso. Finalmente, se realizará el cómputo y se elegirá el patrón con una puntuación más alta, que es el más propicio para el caso del proyecto.

Después, en una segunda fase se realizará un análisis exhaustivo, valorando la incidencia de los diversos factores o condicionantes sobre cada uno de los patrones preseleccionados.

Tabla 5. Análisis multicriterio de portainjertos donde el coeficiente de ponderación tendrá valores de: 0,5-1,0-1,5-2,0. La valoración se realiza mediante una escala cuantitativa con valores de 0 (muy desfavorable a 5 muy favorable).

FACTOR	Coeficiente ponderación	<i>Monegro</i>	<i>GXN Garnem</i>	<i>GF-677</i>	<i>Rootpac-40</i>	<i>Rootpac-20</i>
Profundidad y anclado de raíces	1,5	4	4	4	3	3
Resistencia a enfermedades	0,5	3	3	3	4	4
Vigor	2	3	3	3	4	5
Influencia sobre la producción	1,5	4	4	4	4	5
Tolerancia a la asfixia radicular	1	4	4	4	4	5
Homogeneidad	1	4	4	4	5	5
TOTAL		27,5	27,5	27,5	29,5	34

2.2.5. Porta injerto elegido

De los patrones analizados en la matriz de efectos, el *Rootpac-20* ('densipac') es el que mejores resultados ha mostrado debido a su vigor reducido, Tabla 5, necesario para las plantaciones con densidades elevadas y su influencia sobre la variedad para favorecer una producción regular. Además, presenta una buena adaptabilidad a climas fríos como en la zona que lo vamos a establecer. También destaca su buena tolerancia a la asfixia radicular, y mantiene una alta homogeneidad dentro de la plantación. Por último, destacar su buena resistencia a nematodos como *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp.

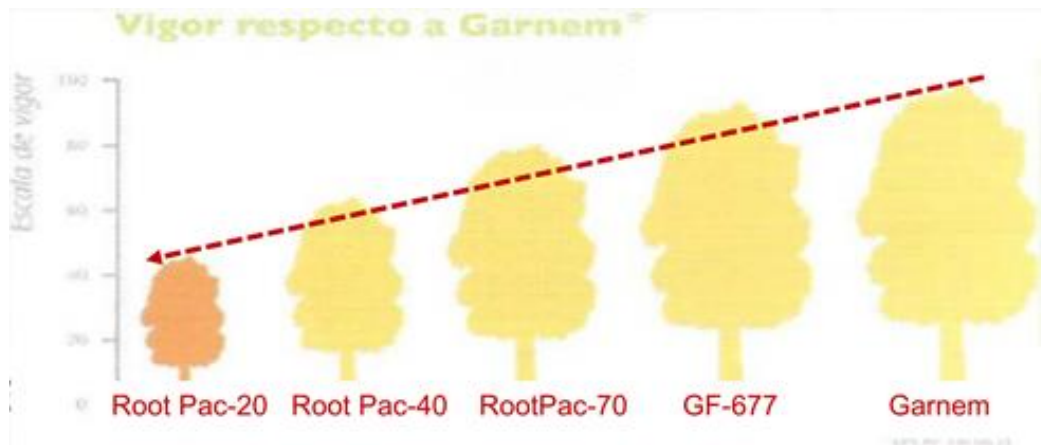


Figura 9. Vigor respecto a *Garnem* de las principales variedades (6).

Se observa en la Figura 9, una reducción de vigor respecto a Garnem, del 20% sobre RootPac-40 y del 40% sobre RootPac-20.

2.3. Material vegetal

Los sistemas de cultivo de alta densidad, son posibles gracias a la disponibilidad de portainjertos enanizantes que permiten este tipo de plantaciones, están entre las soluciones técnicas actualmente disponibles y que podrían impulsar el desarrollo del cultivo.

En nuestro caso, una vez elegidas las variedades y el portainjertos que vamos a utilizar en nuestra plantación, después de los análisis multicriterio y las correspondientes comparaciones. Nuestras variedades serán *Vialfas* y *Lauranne* al 50 % cada una de ellas y nuestro patrón el *Rootpac-20*.

3. DISEÑO DE PLANTACIÓN

El diseño de una plantación se realiza en función de una serie de factores que van a determinar los tres aspectos del diseño: disposición de los árboles, densidad y marco de plantación y orientación de las filas.

3.1. Marco de plantación

Se denomina marco de plantación a la forma de disponer las plantas en el terreno, la distancia que deben guardar los almendros entre sí una vez plantados.

Mediante los marcos de plantación establecidos en modelos súper intensivos (*super high density*) se pretende reducir el periodo improductivo de la plantación, aumentando la precocidad mediante el incremento del número de árboles de la parcela. Con ello conseguimos aumentar mucho la producción en los primeros años, alcanzando el volumen productivo óptimo en pocos años. La elección del marco de plantación idóneo se realizará en función de las variedades y sistemas de recolección.

De modo que en función del marco de plantación elegido tendremos una serie de variables:

- **Densidad de plantación.**
- **Tamaño de la planta ya adulta** (Altura y anchura), la disposición de plantación debe adaptarse al vigor de los árboles.
- **Sistema de formación.**
- **Mecanización**, la disposición de planta debe permitir una adecuada realización de las operaciones de cultivo de forma mecánica
- **Máxima exposición a la luz solar**, la iluminación incide directamente sobre la producción y la calidad de los frutos. Una tasa adecuada favorece la producción, la calidad, a la vez que reduce la aparición de ciertas enfermedades fúngicas originadas en lugares húmedos y sombríos.

La disposición de la plantación puede adoptar diversas modalidades. Las más habituales son las siguientes: marco real, disposición rectangular y tresbolillo.

Marco Real o cuadrado

En esta disposición, se mantiene la misma distancia entre calles que entre filas, permitiendo la ejecución de las labores en los dos sentidos. Esta disposición permite una óptima exposición de las plantas a la luz solar, y unas buenas condiciones para la mecanización. El problema es que se necesitan bajas densidades de plantación, y cuando intentamos aumentar esta densidad, no se permite la mecanización del almendro por tener que usar marcos de plantación demasiado pequeños.

Marco a Tresbolillo

Las plantas ocupan los vértices de un triángulo equilátero de lado x , y presenta más uniformidad. La separación entre plantas es mayor que en el marco real, pero para la misma separación en ambos marcos, se obtiene mayor densidad de plantación en el marco a tresbolillo. En su contra debemos decir que, aunque las labores se pueden realizar en tres direcciones, la mecanización de las mismas es más dificultosa y generalmente se realizan en un único sentido si la distancia entre pies de árbol es muy reducida.

Marco rectangular o en líneas

Las plantas ocupan los vértices de un rectángulo de base y lado x . Permite un mejor aprovechamiento del terreno, ya que, al reducir la distancia entre plantas en las filas, se aumenta la densidad de plantación. Permite el paso de la maquinaria para las operaciones de cultivo, pero aumenta el sombreado entre plantas y reduce el laboreo a un solo sentido si la densidad es muy alta.

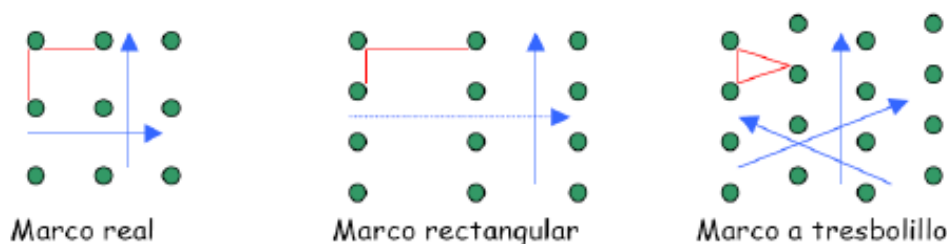


Figura 10. Representación de los tres marcos de plantación (20).

3.2. Densidad de plantación

Tenemos una serie de condicionantes que nos afecta a la hora de elegir la densidad de plantación:

- Potencial productivo, cuanto más intensificado esté el cultivo, mayores serán las producciones esperadas. Por tanto, el aumento en la densidad de árboles, mejorará la rentabilidad de la plantación
- Vigor de los árboles, la densidad de árboles debe estar relacionada con su tamaño. Por lo tanto, árboles de reducido vigor, permitirán aumentar la densidad de plantación.
- Mecanización, la cercanía entre árboles, dentro de las líneas de cultivo, favorece la mecanización de las operaciones de cultivo, ya que se permite la realización de labores (poda mecánica, recolección...) y tratamientos fitosanitarios en continuo.

La densidad de plantación está relacionada con la intensificación del cultivo. Dependiendo de su densidad, en almendro, se pueden distinguir los siguientes tipos de plantaciones:

Plantaciones tradicionales o de baja densidad.

Se trata de plantaciones con poca carga de árboles por hectárea (adecuada para situaciones difíciles), correspondiéndole con una disposición en marco real o al tresbolillo. Su densidad no suele ser superior a los 200 árboles/hectárea. Habitual para el cultivo en secano donde el potencial productivo de estas plantaciones es bajo, aunque el gasto de insumos también lo es. El sistema de formación más común es el vaso. Son plantaciones tradicionales, por lo que el grado de mecanización suele ser bajo.

Plantaciones de densidad media

Actualmente son las más utilizadas en el cultivo del almendro en España. Suelen establecerse con una disposición rectangular y permiten una cierta intensificación del cultivo. Su densidad oscila entre 200–300 árboles/hectárea. Presentan árboles con un vigor algo más reducido que en el caso anterior, y formados en vaso. Se trata de plantaciones adecuadas para secanos frescos o regadíos, ya que permiten un aumento del potencial productivo, en comparación con las anteriores. Suele haber un mayor grado de mecanización, sobre todo en la recolección, ya sea mediante vibrador simple o vibrador con paraguas invertido.

Plantaciones intensivas

Estas plantaciones permiten una intensificación aún mayor del cultivo. La densidad oscila entre 300 - 700 árboles/hectárea. Los marcos de plantación son del orden de 6 x 4 m, 5 x 5, 5 x 3. Requieren árboles de vigor más reducido, ya que los marcos son más estrechos. Presentan un mayor potencial productivo y se localizan en condiciones de riego. El sistema de formación puede ser en vaso o en eje central, principalmente. El modelo intensivo en almendro, se centra principalmente en regadío, también basado en el vaso clásico, pero con una poda muy ligera y con unos marcos de plantación mucho más reducidos. En cuanto a la disposición de las variedades en la parcela, el hecho de utilizar variedades autofértiles, permite realizar plantaciones monovarietales. Este diseño, mejora y uniformiza el manejo agronómico de la parcela, la recogida del fruto, y también permite obtener volúmenes de almendra de una sola

variedad más grandes y uniformes, valorizando su proceso comercial. El sistema de recolección de este modelo se basa en el derribo de la almendra al suelo y su posterior barrido (sistema americano) o el sistema de fardos (implementado en la recolección de la aceituna). En la Figura 11, se muestra el potencial productivo obtenido en una plantación con un marco intensivo, en unos ensayos elaborados por el IRTA. Podríamos destacar la diferencia de producción obtenida del segundo año, 250 kg/ha al cuarto año 1500 kg/ha. Teniendo como tope una producción de 2.600 kg obtenidos a partir del séptimo año en el periodo llamado 'plena producción'.

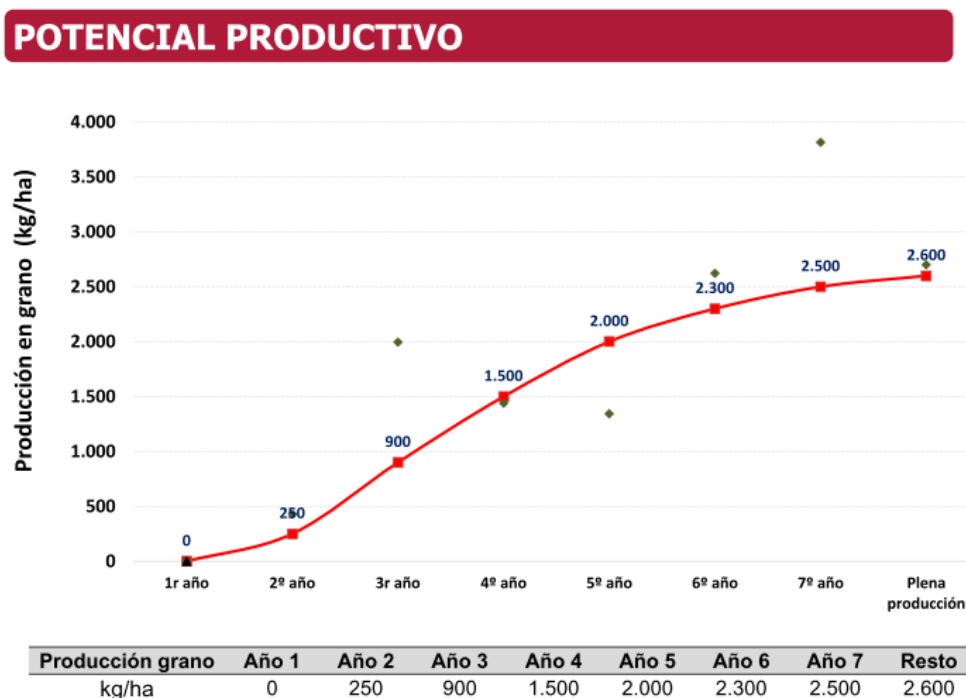


Figura 11. Potencial productivo en modelo intensivo (21).

Plantaciones superintensivas o alta densidad

El modelo de alta densidad en almendro se basa en adaptar el modelo ya existente en olivo, y utilizar la misma máquina de recolección en continuo, pudiendo estrechar los marcos de plantación. La densidad de árboles supera los 700 árboles/hectárea, y puede alcanzar casi los 3000 árboles/hectárea, dependiendo variedades. Los marcos de plantación pueden ser del orden de 4 x 2 m, 3,5 x 1,25 m, 3,5 x 1 m y 3 x 0,75 m. Caracterizados por tener una elevada densidad de árboles, por lo que se requiere que tengan un vigor reducido, el sistema de formación de los árboles ya no es en un vaso clásico, sino es un muro frutal o un eje. Las plantaciones superintensivas muestran un mayor potencial productivo además de ser un sistema altamente precoz y contar con los máximos niveles de mecanización. Presenta una elevada mecanización de la poda, lo que permite reducir drásticamente las necesidades de mano de obra y maximizar la rentabilidad. Este tipo de plantaciones son muy novedosas en el cultivo del almendro en España, pero tienen un futuro muy prometedor debido al éxito que están obteniendo las nuevas plantaciones.

En otro ensayo realizado por el IRTA, esta vez con una densidad de árboles más elevada, podemos ver el potencial productivo, Figura 12, que podemos llegar a alcanzar con una plantación en superintensivo, obteniendo 3000 kg/ha en el periodo de ‘plena producción’.

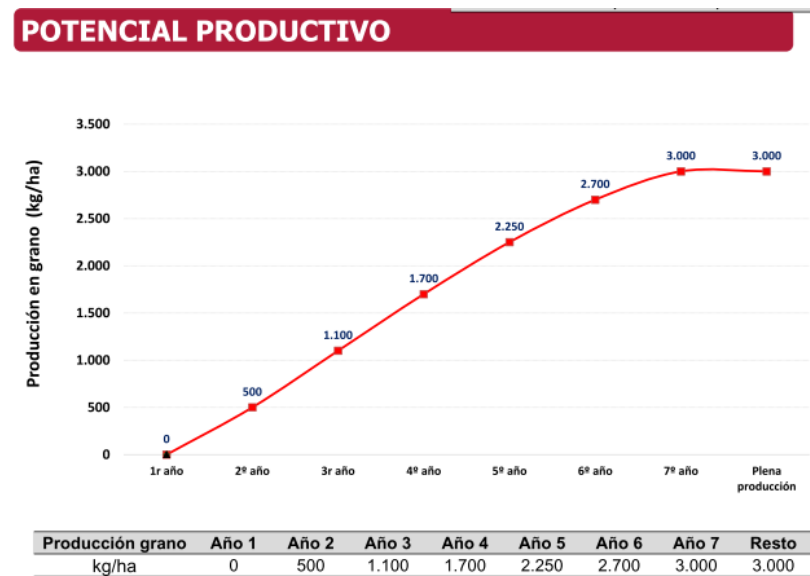


Figura 12. Potencial productivo en modelo superintensivo (21).

En la Figura 13, tenemos agrupadas todas las principales características de los modelos productivos estudiados hasta el momento. Con las que tenemos que valorar cual es el modelo que más se adapta a nuestro proyecto. En el modelo tradicional se encuentran agrupados el modelo de ‘baja densidad’ y el de ‘densidad media’.

Modelo productivo	Sistema de formación	Marco de plantación	Densidad de plantación (árboles/ha)	Plantón utilizado	Sistema de recolección
Tradicional	Vaso clásico	8 x 7 m	178	Maceta Raíz desnuda	Paraguas invertido con vibrador Recolección del suelo
		7 x 7 m	204		
		7 x 6 m	238		
		6 x 6 m	278		
		6 x 5 m	333		
Intensivo	Vaso libre	6 x 4 m	416	Maceta Raíz desnuda	Recolección del suelo Recolección con fardos Máquinas cabalgantes Planos inclinados
		5 x 5 m	400		
		5 x 4 m	500		
		5 x 3 m	666		
Alta densidad	Eje/Muro	3,5 x 1,2 m	2.381	Maceta	Máquina cabalgante
		3,5 x 1 m	2.857		
		3 x 1 m	3.333		
		3 x 0,8 m	4.167		

Figura 13. Características de los diferentes modelos productivos (22).

Para la elección definitiva del modelo productivo, comenzamos descartando el ‘modelo tradicional’ y el ‘modelo densidad media’ debido a que no se adaptan a las producciones esperadas del proyecto que se está realizando y no resultan viables. Tienen la ventaja de tener una reducida inversión inicial y unos costes de maquinaria más reducidos, pero por el contrario

es un modelo que no aporta precocidad, la recolección se realiza con paraguas y es más conveniente para situaciones de secano o bajo restricciones de agua.

Comparando los dos modelos productivos que nos quedan, el 'modelo intensivo' y el modelo 'superintensivo', este segundo presenta un potencial productivo ligeramente más elevado debido al gran número de plantas por hectárea colocadas, en los ensayos realizados. En ellos, el IRTA ensaya variedades con rendimientos superiores a los 1.500 kg de grano/ha, cantidad que se establece como objetivo productivo a alcanzar en plantaciones comerciales con dotaciones de agua limitadas (2.000-3.000 m³/ha y año). Estas producciones se han superado en parcelas con cantidades más elevadas de agua, pudiendo llegar a 3.000 kg/ha de almendra grano con dotaciones superiores a los 6.000 m³/ha/año. En el caso de la parcela del proyecto la disponibilidad de agua no es limitada, por lo que no tendríamos inconvenientes para realizar los aportes de agua que el cultivo necesite para alcanzar las máximas producciones. Estos modelos nos aportan precocidad productiva, producciones superiores a las obtenidas en el modelo tradicional y una menor mano de obra. En cuanto al modelo superintensivo, en los pocos años de estudio los resultados muestran una elevada precocidad productiva, muy superior al modelo tradicional e intensivo. En cuanto al grado de mecanización es más elevado en el modelo superintensivo debido a que la recolección se realiza en continuo y en el intensivo aún pueden aparecer barredoras o recolección desde el suelo. Por último, si nos fijamos en la inversión inicial de la plantación (Figura 11 y Figura 12), el modelo de alta densidad requiere una inversión mucho más elevada que el modelo intensivo y el tradicional, que finalmente acaba rentabilizando.

3.2.1. Alternativa elegida

La alternativa más conveniente, en este caso, es la plantación superintensiva, ya que, al incrementar la densidad, aumenta la capacidad de producción, al tiempo que se reducen los gastos de mano de obra, lo que económicamente se traduce en una disminución de los gastos y en un aumento de la rentabilidad de la plantación. Destacando los siguientes objetivos:

- Incrementar la precocidad de la entrada en producción de la plantación.
- Reducir los gastos de manejo, principalmente la poda de los árboles, mecanizando al máximo posible todas las operaciones.
- Incrementar el potencial productivo de las nuevas plantaciones.
- Mejorar la gestión de la recogida de la almendra, utilizando sistemas de cosecha en continuo.
- Mejorar la rentabilidad de la plantación.

El marco de plantación va a ser aquel que permita un espacio en las calles adecuado para el paso de la maquinaria y suficiente para garantizar una adecuada iluminación sobre los árboles. Para la elección del marco ideal en plantaciones superintensivas de almendro, se está copiando un poco lo que se lleva haciendo desde hace unos años para el olivo. Por lo tanto, se considera que un marco de (3,5 m x 1,25 m) puede ser adecuado, ya que garantiza una alta densidad, unos 2300 árboles/hectárea, sin perjudicar el paso de maquinaria ni la iluminación de los árboles. De modo que en las 23,31 ha de nuestra plantación tendremos aproximadamente 53.300 árboles.

3.3. Disposición de los árboles

El factor limitante en este tipo de plantaciones es la máquina de recolección. El volumen del árbol está limitado al paso que dispone la máquina cabalgante. Es necesario que los árboles tengan dimensiones reducidas en función de la maquinaria disponible (el paso disponible para los árboles en la máquina normalmente es de 0,8–1 m de ancho por 2,5–2,75 m de altura). Los marcos más idóneos en este modelo son:

- Distancia entre filas: 3–3,5 m
- Distancia entre árboles: 1–1,5 m
- Aproximadamente las plantaciones son del orden de 2.300 – 2.800 árboles/ha

En latitudes más próximas al paralelo 30º, la distancia entre calles se reduce a 3 metros dado que a medida que nos acercamos al ecuador el arco solar es más agudo y los rayos de luz inciden con mayor perpendicularidad, con lo que la proyección de sombras entre filas es menor (23).

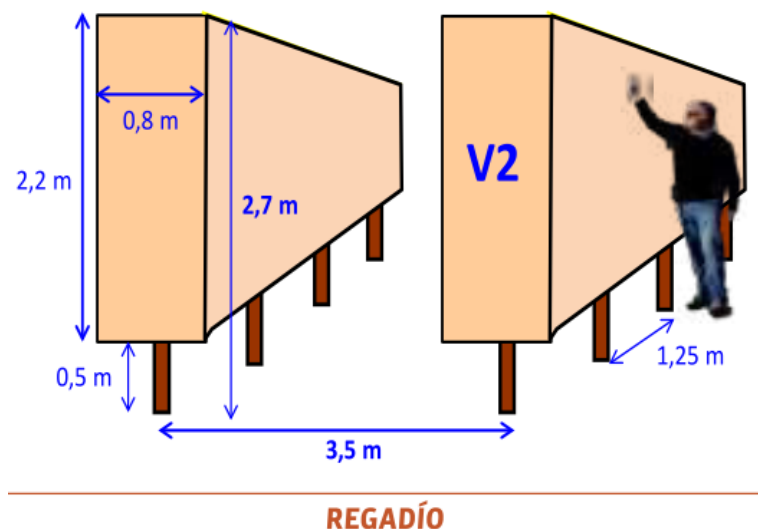


Figura 14. Dimensiones del seto SHD de almendro en regadío Versión-2, volumen de copa: 5.025 m³/ha (superior) (24).

3.4. Orientación de las filas

La orientación de las filas viene determinada en relación con el norte geográfico. Para una producción adecuada y de calidad, se debe establecer una orientación que garantice una buena iluminación solar. La orientación Norte-Sur posibilita un reparto uniforme de la iluminación en ambos lados del seto. Sin embargo, también se debe tener en cuenta la orientación de los márgenes de la parcela para no dificultar las labores ni desaprovechar espacio.

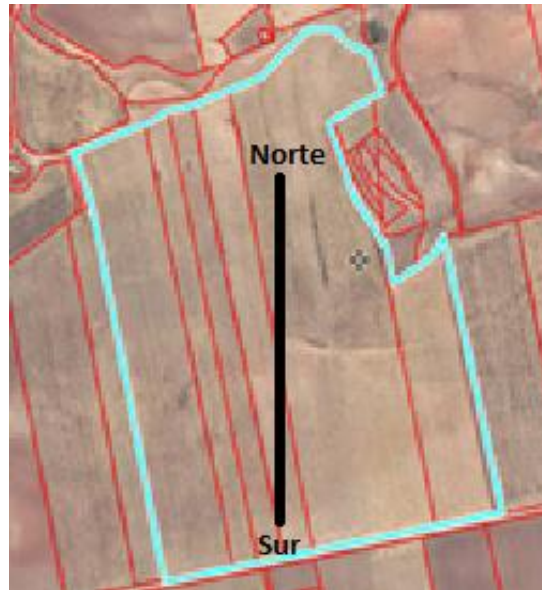


Figura 15. Orientación de la parcela a estudiar

La parcela tiene forma rectangular (Figura 15), por lo que se van a estudiar dos posibles orientaciones:

Orientación NNE-SSO. Es la orientación paralela al margen más largo de la parcela, por lo que el aprovechamiento del terreno es óptimo. Además, se optimizan las operaciones de cultivo ya que se reducen los tiempos muertos o de maniobra en las cabeceras. Se decide que la orientación más adecuada es la que se corresponde con el lateral más largo de la parcela, es decir, la orientación NNE-SSO, ya que garantiza una adecuada iluminación, a la vez que se optimiza el espacio y la ejecución de las labores.

Orientación ONO-ESE. Es la orientación paralela al margen más corto de la parcela. Sin embargo, cuenta con una longitud más que suficiente para establecer líneas de la plantación operativas.

Para la elección de las alternativas se van a tener en cuenta los siguientes factores:

- Iluminación: es interesante que los árboles dispongan de una iluminación suficiente y lo más uniforme posible en todo el volumen de la copa, ya que repercute directamente sobre la producción y calidad de la plantación.
- Optimización del espacio y labores: cuanto más largas sean las filas, mayor cantidad de árboles se pueden establecer por hectárea, ya que hay menos superficie destinada a las cabeceras. Además, se reducen los tiempos muertos durante la maniobrabilidad en la ejecución de las labores de cultivo. No obstante, si las líneas son muy largas, quizá convenga fraccionarlas, estableciendo caminos de servicio transversales que faciliten las operaciones de cultivo, en especial la recolección, dejando unos 6 metros al final de la línea para que las máquinas puedan realizar el correspondiente giro.
- Dirección de los vientos dominantes: en zonas con vientos fuertes, las filas de cultivo deben orientarse transversalmente a la dirección de los vientos dominantes. En la zona de ubicación del proyecto, no existe riesgo de fuertes ni frecuentes rachas de viento, por lo que este criterio carece de importancia.

- Topografía del terreno: para reducir los fenómenos de erosión hídrica, cuando se trata de fuertes pendientes, conviene seguir las curvas de nivel. Sin embargo, dado que la parcela de ubicación del proyecto es prácticamente llana, no se tendrá en cuenta este aspecto, ya que en el caso de que la plantación se establezca sobre un terreno de escasa pendiente, sin problemas de erosión, las filas han de orientarse en el sentido norte-sur para conseguir la mejor iluminación de la copa. Este factor será tanto más determinante cuanto mayor sea la densidad de plantación (25).

La iluminación más uniforme, en ambas caras del seto, se obtiene cuando las líneas de cultivo se disponen en dirección Norte-Sur, Figura 16, por lo que la orientación de las filas de los árboles se debe aproximar, en la medida de lo posible, a dicha orientación.

Los vientos dominantes en la zona son de dirección Este-Oeste, aunque como bien se ha citado en el estudio climático, su intensidad no va a plantear ningún problema en la plantación

Se decide que la orientación más adecuada es la que se corresponde con la parte más larga de la parcela, es decir, la orientación NNE-SSO, ya que garantiza una adecuada iluminación, a la vez que se optimiza el espacio y la ejecución de las labores.

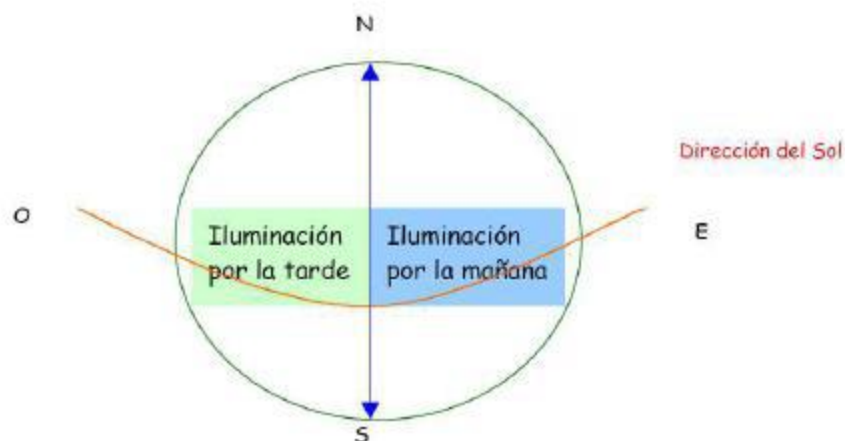


Figura 16. Iluminación y desplazamiento del arco solar en la orientación N-S de las líneas de plantación.

4. TECNOLOGIA DE LA PLANTACIÓN

4.1. Sistema de poda de formación

El objetivo es elegir el sistema de formación más adecuado en la plantación superintensiva de almendro que se pretende realizar.

4.1.1. *Criterios de valor*

Vigor y crecimiento del árbol

Para la elección del tipo de sistema de formación se debe tener en cuenta tanto el vigor como la tendencia natural en el crecimiento del árbol.

Densidad de la plantación.

La poda de formación debe ir acorde con la densidad de la plantación, ya que se debe limitar el crecimiento del árbol para impedir que ocasione problemas en el desarrollo del resto de árboles o en el paso de la maquinaria.

Entrada en producción del sistema

Debido al corto tiempo de vida útil que va a tener la plantación, resulta interesante elegir aquellos sistemas de poda de formación que permitan una rápida entrada en producción.

Manejo del cultivo

Elegir uno u otro sistema de formación va a condicionar la ejecución del resto de labores a realizar en la plantación.

Coste de la poda

Es fundamental minimizar el coste de las operaciones de poda, tanto en la de formación como la de mantenimiento de los árboles.

4.1.2. *Evaluación de las alternativas*

Vaso libre

El árbol consta de un tronco de 0,3-1 m de longitud, del que salen hacia fuera y con cierta verticalidad, 3 ramas principales colocadas a 120°. Dichas ramas surgen del tronco con una separación entre ellas de 10-20 cm. A partir de ellas surgen una serie de ramas secundarias que se van distribuyendo de manera uniforme constituyendo pisos sistemáticamente escalonados. Este sistema es adecuado para árboles con un determinado vigor y necesita de una superficie amplia para el desarrollo de la copa del árbol, por lo que no es adecuado para alta densidad. Además, requiere entre 3 y 4 años para su formación definitiva, lo que alarga demasiado la entrada en producción. Las principales ventajas de este sistema son la alta productividad que genera y la capacidad de soportar grandes superficies de copa con su respectiva carga frutal. Por el contrario, presenta inconvenientes como una poda compleja, ya que se precisa de mayor tiempo para cubrir los huecos entre brazos, haciendo esta labor más costosa. Una difícil mecanización, debido a que la precisa distribución de las ramas no es compatible con el uso de podadoras mecánicas y además no realiza una buena captación de luz a lo largo de toda la copa del árbol.

Por lo que, descartamos este sistema de formación para nuestro proyecto debido a que no se adapta a la parcela.

Eje central

El sistema de formación en eje central fue el más empleado en las primeras plantaciones en seto. Para la formación del eje, se emplea un tutor, normalmente una caña de bambú, de unos 2 m de altura, al que se va atando la guía principal a medida que la planta va creciendo. Esta operación favorecerá el crecimiento de la yema terminal que hace de guía, frente a las yemas laterales que puedan ir desarrollándose, priorizándose de este modo el crecimiento en altura.

En la parte inferior, con el objeto de adaptarse a las exigencias de la máquina recolectora, se quitarán todas las brotaciones hasta una altura de un 60 cm, coincidente en muchos casos con la altura del protector “antiroedores”, el cual si es opaco dificulta el desarrollo de estas brotaciones. El resto de brotaciones situadas por encima de esa altura irán formando un cono sobre el eje central (monocono).

La caña de bambú es el tutor más empleado al proporcionar la rigidez suficiente, tener mayor facilidad de ser retirado posteriormente y no tener un precio elevado. En ocasiones, para conseguir una mejor alineación del seto se instala también una espaldera formada por un único alambre de acero galvanizado o cable de poliéster situado a una altura de 150-180 cm, colocándose otro segundo en zonas con vientos constantes y fuertes, para una mayor sujeción.

Durante los primeros años, hasta que el cono formado alcance una altura próxima a los 2,5 metros, por encima de los 60 cm mencionados, la única acción a realizar es la atadura frecuente de la guía al tutor conforme se va produciendo el crecimiento de la misma (25).

Formación libre

El sistema de formación en crecimiento libre, a diferencia del anterior, se ha hecho más frecuente en los últimos años en las plantaciones en seto. Para la formación en crecimiento libre se emplea un tutor, normalmente una caña de bambú como en el caso anterior, pero esta vez de una altura no superior a 1 metro, realizándose las ataduras necesarias de una sola vez. Esto favorecerá el crecimiento libre sin ningún tipo de dominancia dirigida desde la altura de la última atadura, que estará situada entre la cruz del olivo (de 60 cm) y la altura del propio tutor. La formación de la planta comienza en el mismo momento de la plantación. La altura final de la pared productiva no supera los 2,5-2,7 m, mientras que la anchura de la misma es inferior a 80-85 cm por las exigencias de la mecanización.

Este sistema busca por un lado una reducción de costes respecto al sistema de eje central, al requerir un tutor de poca altura y al importante ahorro de mano de obra que supone la no realización del entutorado progresivo a gran altura. También pretende conseguir equilibrar el cerramiento del seto (crecimiento en anchura) con la altura del mismo.

Este equilibrio entre la altura y la anchura de la copa requiere una serie de intervenciones (principalmente en altura), para compensar la mayor tendencia natural del olivo al crecimiento en altura. Esta tendencia será más o menos acusada según la variedad utilizada, siendo por tanto más interesantes para este caso las variedades de porte llorón como *Vialfas* (25)

A continuación, se muestra un estudio que se ha llevado a cabo durante el año 2018 en una parcela experimental de almendro dentro de la finca “Mas d’en Félis”, en el término municipal de La Granja de. Escarp, Lleida-España. En él se comparan dos sistemas de formación con la variedad ‘Soleta’. Para el estudio se han comparado dos combinaciones variedad/patrón, con diferentes marcos de plantación y sistemas de formación: por una parte, árboles injertados sobre patrón Rootpac-20 (Agromillora), con un marco de plantación de 4×1,5 m (1.667 árboles/ha), sistema de formación de seto anárquico, de 2,35 m de altura, 1,10 m de anchura, y con inicio del seto a 0,5 m; y por otra, árboles injertados sobre patrón GFF-677 (INRA), con un marco de plantación de 6×6 m (278 árboles/ha), con un sistema de formación de vaso libre, con unas dimensiones de 4,85 m de altura, 4,9 m de diámetro máximo, y altura a la cruz de 1,3 m. En la

Tabla 6, podemos ver los parámetros productivos de los sistemas de formación ensayados.

Tabla 6. Efecto del sistema de formación en los parámetros productivo de la variedad ‘Soleta’ en el año 2018 en la Finca Mas d’en Felix (La Granja d’Escarp, Lleida) (26).

Variable	Sistema	Media
Nº flores (n)/árbol	Seto	2.300,0
	Vaso	22.991,3
Fruto cuajado (n)/árbol	Seto	418,7
	Vaso	4.537,6
Volumen copa (m³)/árbol	Seto	2,0
	Vaso	64,2
Perímetro tronco (mm)	Seto	269,7
	Vaso	558,7
Cuajado fruto (%)	Seto	22,5
	Vaso	20,6
Fruto entero (g/árbol)	Seto	3.364,6
	Vaso	88.201,3
Almendra limpia (g/árbol)	Seto	1.741,0
	Vaso	32.480,9
Producción/perímetro (g/mm)	Seto	6,3
	Vaso	58,0
Productividad (g/mm²)	Seto	0,3
	Vaso	1,3
Radio tronco (mm)	Seto	42,9
	Vaso	88,9
Área tronco (mm²)	Seto	5.835,7
	Vaso	24.914,0

Dentro de cada sistema de formación, la almendra en grano ha mantenido tamaños muy homogéneos, pero la producida en vaso ha sido mayor con respecto a la de seto. Ello podría deberse a una carga floral (o carga de frutos) por volumen de copa superior en el seto, que se podría optimizar con técnicas de regulación como el aclareo de flores (26).

Descartando la formación en vaso (debido a que no se adapta al sistema superintensivo), solo nos queda decidir si optaremos por una formación en eje central o formación libre. Para ello, analizaremos algunos aspectos clave:

La entrada en producción es similar en los dos sistemas de formación, por lo que no será un carácter discriminante. Otro de los aspectos a tener en cuenta es el vigor y el crecimiento que alcanzaran nuestros arboles con estos sistemas, otro aspecto que también será muy similar. Finalmente analizaremos los costes manejo, el sistema de formación libre presenta una reducción de costes respecto al sistema de eje central, al requerir un tutor de poca altura y

presentar un importante ahorro de mano de obra que supone la no realización del entutorado progresivo a gran altura. Por ello, descartamos el eje central, ya que requerirá más tiempo de manejo, debido a que debemos entutorar progresivamente en altura y la poda no es completamente mecanizada, al tener la necesidad de formar un eje.

4.1.3. *Alternativa elegida*

El sistema elegido es la formación libre debido a que nos permite una de poda de formación que apenas precisa de poda manual. Basta con realizar podas mecánicas para contener el crecimiento del árbol, reduciendo la anchura y altura del seto para mejorar la iluminación y facilitar la recolección. Todo esto nos permite, una rápida entrada en producción, a la vez que nos facilita el manejo del cultivo.

4.2. Poda de producción

La poda de producción o fructificación, se realizada una vez formado el seto de vegetación, e incluso en la fase final de formación. Hay que considerar que la poda de producción causa dos efectos en la planta, por un lado, enaniza, disminuye su tamaño y aunque se suprime madera, también se pueden perder hojas (si se realiza en verde), lo que supone una pérdida de captación de energía para la misma. Por otro lado, vigoriza ya que existe una cantidad relativa mayor de carbohidratos, hormonas, minerales y agua para los órganos de crecimiento.

4.2.1. *Criterios de valor*

La poda de producción durante el periodo productivo se realiza buscando los siguientes objetivos:

- Mantener una superficie foliar expuesta eficiente y activa para desarrollar el máximo potencial productivo.
- Conseguir un balance equilibrado entre el crecimiento vegetativo y la producción.
- Facilitar el trabajo de las máquinas cabalgantes de recolección.
- Estimular crecimiento de nueva madera productiva.

En el sistema de formación libre, se utiliza la poda mínima en verde para ir rebajando crecimiento de los lados y de altura y mantener el volumen dentro de unas dimensiones de la maquina cabalgante. Con la poda debe regularse la anchura de este seto de vegetación hasta una distancia no superior a los 35 cm a cada uno de los lados del eje del almendro. Con ello conseguiremos mejorar las condiciones de iluminación y aireación del seto, creando un microclima que facilitará la fructificación, la resistencia a las enfermedades, la renovación de las yemas productivas, y el balance energético de la plantación. Si la anchura es demasiado grande, progresivamente se va creando en el interior del seto una estructura envejecida, poco activa fotosintéticamente, que disminuye la eficiencia productiva de la plantación.

Esta labor la podremos practicar después de cosecha, bien entrado el otoño, cuando los árboles hayan acabado de practicar la fotosíntesis y se hayan provisto de reservas suficientes para la siguiente floración, esto coincide con la pérdida de hojas, se practicará en todas las caras, para mantener la anchura de 70 cm. La limpieza del tronco debe ser de 50 cm para que puedan trabajar las maquinas cabalgantes.

4.2.2. Alternativa elegida

Con la poda de producción, se debe regular la anchura de este seto de vegetación hasta una distancia no superior a los 35 cm a cada uno de los lados del eje del almendro para mantener la anchura de 70 cm. En nuestro caso, todos estos conceptos se complementan con la utilización del portainjerto Rootpac-20, que nos proporciona poco vigor, especialmente a partir de su primera cosecha, superada la fase juvenil (3 hojas), generando un seto muy equilibrado con poca tendencia a crecimientos vigorosos pero con una gran capacidad de producción. La mayor densidad de frutos por metro cúbico de seto que es la base del sistema más eficiente que existe para la producción de almendras.

4.3. Sistema de riego

La producción del almendro responde de forma proporcional al agua aplicada, hasta alcanzar una dosis máxima con la cual ya no aumentaremos la producción.

4.3.1. Evaluación de las alternativas

Riego en superficie

Se trata de un método antiguo, pero todavía usado según el sistema de abastecimiento de riego presente en la parcela. Existen distintas formas de aplicar este sistema: a manta o por surcos generalmente. Mediante este sistema no aprovechamos gran parte del agua aportada, favorecemos el proceso de asfixia radicular que tan perjudicial es para el almendro y para humedecer todo el sistema radicular es preciso aportar grandes dotaciones de agua, además es preciso tener una precisa nivelación de la parcela.

Riego por aspersión

Se trata de un sistema de riego más eficiente que el riego a manta, pero menos que el sistema de riego a goteo. Se trata de un sistema de riego muy poco frecuente en plantaciones frutales ya que este tipo de riego no se puede aplicar durante distintas etapas del cultivo como la polinización, ya que se reduce considerablemente la eficacia de este proceso al mojar el ambiente. Además, el hecho de regar humedeciendo el tronco por completo continuamente, favorece la aparición de enfermedades.

Riego por goteo

El sistema más eficiente para conseguir nuestro objetivo es el riego por goteo. Con el sistema de riego gota a gota, se debe crear una franja húmeda en la zona de las raíces. Esta franja húmeda se consigue con el solapamiento de los bulbos húmedos que crea cada gotero. La forma del bulbo la determina el tipo de suelo y el caudal del gotero, de forma que es muy importante conocer estos factores a la hora de dimensionar este sistema. El sistema de riego por goteo se puede instalar de manera superficial donde las tuberías se extienden en la superficie pudiendo realizar su anclaje al terreno, o subterráneo donde la tubería se instala enterrada en el terreno mediante unas máquinas específicas que se acoplan al tractor. La profundidad de instalación depende del tipo de cultivo y sistema radicular, recomendándole para el almendro hacerlo a 24 a 40 cm de profundidad. La ventaja del riego por goteo en superficie es que permite reparar las averías con mayor facilidad, mientras que con el sistema enterrado se produce un contacto más directo con las raíces y nos permite realizar las labores

con mayor facilidad debido a que estos no serán dañados. Una ventaja común para ambos sistemas es que nos permiten aplicaciones precisas de fertilizantes líquidos.

Centrándonos en el riego por goteo subterráneo, destacamos las grandes ventajas y alguna limitación:

Las grandes ventajas del riego por goteo subterráneo (RGS) en almendro podríamos agruparlas en diferentes bloques (27).

- Agua: eliminamos las pérdidas por evaporación, escorrentía y percolación. Esto es muy importante, ya que es un bien cada vez más escaso y caro.
- Fertilizantes: la aplicación de la cantidad justa en el momento óptimo a la planta de una forma sencilla. Esta es la mejor manera de optimizar la fertirrigación sin contaminar los suelos y acuíferos subterráneos.
- Herbicidas: la agricultura con cubierta vegetal va a crecer en el cultivo del almendro, y, poder controlar las malas hierbas, es una de las principales razones para optar por el RGS, ya que facilita mucho las tareas de desbrozado sin dañar el sistema de riego.
- Fitosanitarios: la aplicación del agua en profundidad, tiene la ventaja de tener mucha menos humedad en superficie, lo que permite usar menos productos fitosanitarios para la prevención de enfermedades en los cultivos.
- Ausencia de erosión por escorrentías: sistemas como la aspersión no son aptos para parcelas con ciertos desniveles, y en plantaciones con caballón o meseta evitamos esa escorrentía que el gotero provoca en los laterales del caballón.
- La posibilidad de aplicación de las aguas residuales con total garantía alimentaria.

También nos aparece alguna limitación a tener en cuenta:

- En determinados tipos de suelo con poca profundidad o texturas muy sueltas es complicado manejar el sistema y, por tanto, es preferible buscar otra alternativa.
- El coste de instalación es un 20-30 % superior debido a las operaciones de enterrar la tubería y colocar colectores de drenaje y tomas manométricas, ya que el resto de componentes son comunes a una instalación de riego superficial. El coste de la tubería emisora específica es similar al de la superficial ya que la demanda hoy día es tal, que implica un coste similar de fabricación y por ello es recomendable buscar la específica para RGS.
- Exige un manejo y un mantenimiento eficaz.

4.3.2. Alternativa elegida

La alternativa elegida para su desarrollo en la parcela es el riego por goteo debido a su mayor eficiencia, una correcta adaptación al sistema de formación, y además de todas las labores desarrolladas en la parcela. Dentro del riego por goteo, nos hemos decantado, por el riego por goteo subterráneo debido al gran número de ventajas que nos aporta.

Para su implantación en la parcela destacar algunos detalles que más adelante se desarrollarán ampliamente en el Anejo 8. La separación de las tuberías emisoras al tronco dependerá del marco de plantación, siendo en plantaciones superintensivas separaciones al tronco de 0,5-0,8 m y en marcos intensivos jugaremos a 1,5-1,8 m. Estos serían los puntos ideales de colocación

de las tuberías emisoras en la edad adulta del árbol, lo que nos provoca en muchos casos de plantaciones nuevas que no debamos realizar la instalación de RGS el año de plantación y esperemos al año 2-3 (según crecimiento del árbol) para realizar la colocación. De esta forma, durante los primeros años podemos desarrollar el árbol con una única tubería emisora, y el año 2-3, instalaremos la que teníamos en superficie, más la nueva que añadimos. El punto óptimo normalmente es la prolongación de la copa, que es donde tenemos con seguridad el sistema radicular que queremos alimentar. La profundidad de la tubería es variable y hay que considerar distintos criterios, siempre pensando en formar ese bulbo de humedad en la zona radicular efectiva del árbol, por lo que, dependiendo de la profundidad de suelo, de los horizontes, de la textura y de las operaciones culturales que va a realizar el propietario, nos moveremos entre los 20 y 40 cm.

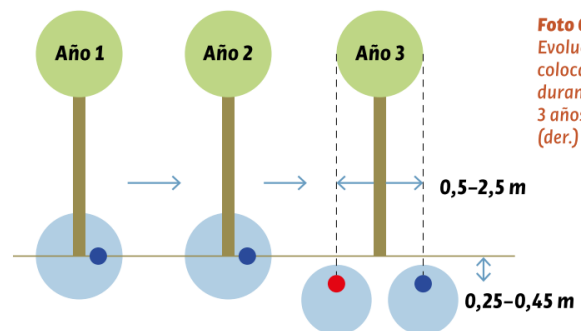


Figura 17. Evolución de la colocación del riego durante los primeros 3 años de cultivo.

4.4. Mantenimiento del suelo

La estrategia de mantenimiento del suelo (laboreo, cubierta vegetal) adoptada debe considerar los problemas asociados a las heladas primaverales, degradación de la estructura del suelo y uso de herbicidas. Además, es necesario considerar la disponibilidad de maquinaria, efectos en la competencia por agua y nutrientes y la actitud del agricultor hacia el uso de herbicidas (23).

4.4.1. Alternativas para el mantenimiento

El mantenimiento del suelo comprende todo el conjunto de operaciones culturales llevadas a cabo para el trabajo del suelo, que tienen por objeto crear y mantener un medio en el suelo favorable para el crecimiento de las raíces, minimizar posibles competencias entre el cultivo y la vegetación adventicia, a la vez que facilitar el paso con la maquinaria por las calles de la plantación. Las estrategias más habituales empleadas para el manejo del suelo son:

Suelo sin vegetación

La idea principal es tener el suelo libre de malas hierbas, ya sea controlando su aparición mediante laboreo superficial o bien utilizando herbicidas.

Suelo con vegetación

El objetivo es la siembra de una cubierta vegetal viva entre las líneas de la plantación, que compita lo menos posible con el desarrollo del árbol.

Técnicas mixtas

La idea es realizar alternar dos métodos de técnicas mixtas, ya sea en el tiempo o en el espacio. Las técnicas mixtas en el tiempo son aquellas que alternan ambas formas de mantenimiento del suelo a lo largo del año, mientras que las del espacio alternan el distinto manejo en calles intercaladas o bien entre calle y fila, que es lo más común.

4.4.2. Aspectos a considerar

Los aspectos que se van a tener en cuenta son los siguientes:

Condicionantes edafoclimáticos

La escasez e irregularidad de precipitaciones va a condicionar la viabilidad de la cubierta vegetal durante los meses más secos y calurosos. Además, se debe tener en cuenta que el riesgo de heladas por irradiación varía en función del mantenimiento de suelo que se lleve a cabo. El tipo de suelo y su fertilidad también ha de ser un factor determinante para la elección del sistema de mantenimiento del suelo.

Condicionantes técnicos

Hay que tener en cuenta el material vegetal (vigor y edad de los árboles, el diseño de la plantación (marco y densidad) y las operaciones de cultivo (paso de la maquinaria, poda) para elegir el mantenimiento del suelo más adecuado para la plantación.

Condicionantes económicos

Se debe estudiar la rentabilidad económica de cada sistema, tanto la inversión necesaria para su establecimiento como para su mantenimiento, al igual que la incidencia de cada uno sobre la producción.

4.4.3. Evaluación de alternativas

Las técnicas de mantenimiento del suelo más habituales son las siguientes:

Laboreo

El mantenimiento del suelo mediante laboreo consiste en una sucesión de intervenciones de cultivo, ejecutadas fundamentalmente con medios mecánicos y cuyo fin es remover el suelo, más o menos profundamente, eliminando la vegetación espontánea. Lo más normal es practicarlo de la salida del invierno al comienzo del otoño, permitiendo que durante el tiempo restante se desarrolle la vegetación espontánea que en esta época es menos competitiva. Las condiciones de humedad han de ser adecuadas para cada tipo de apero o labor. Algunos efectos favorables son:

- Eliminar las malas hierbas, mejorar la infiltración de agua debido a la ruptura de la costra superficial, y al mismo tiempo se reduce su evaporación por ascensión capilar.
- Reducir el riesgo de heladas por irradiación, sobre todo si el suelo se encuentra desnudo, compactado y sin terrones.
- Permite la incorporación de enmiendas y abonos
- Favorece el desarrollo del sistema radicular de la planta y elimina galerías de roedores.

Sin embargo, también presenta una serie de desventajas que son las siguientes:

- Tiene un elevado consumo de energía y necesidad de hacer un número considerable de operaciones a lo largo del año.
- Favorece la mineralización de la materia orgánica, por lo que son necesarios aportes regulares de materia orgánica.
- Aumenta el riesgo de erosión, ya que el suelo permanece desnudo durante todo el año. Además, puede favorecer la creación de suela de labor, lo que disminuye la infiltración del agua en el suelo.
- Se limita el desarrollo de las raíces más superficiales de la plantación, ya que son destruidas durante las intervenciones de laboreo.
- Favorece las heladas primaverales.

Las labores se ejecutan en el período de mayor competencia de las malas hierbas, esto es durante el período de actividad de la planta, en la primavera y el verano. Es frecuente complementar las anteriores, con alguna labor de otoño/invierno.

Maquinaria empleada depende del tipo de labor a realizar:

- Cultivador o útiles de dientes, arrancan las malas hierbas, des compactan y airean el suelo.
- Aperos rotativos, tipo fresa, fragmentan y entierran a la vez. Rompen la estructura y favorecen la formación de suela de labor
- Grada de discos, actúan por compresión y rotación.
- Aperos intercepas, incorporados a alguno de los aperos descritos, permiten la entrada y la salida del apero en la línea de plantación.

Aplicación de herbicidas

Con la aplicación de herbicida se busca mantener el suelo limpio de malas hierbas a base de aplicación de productos fitosanitarios mediante herbicidas selectivos, que sean capaces de eliminarlas sin causar daños al cultivo. Por lo tanto, se basa en un control químico de las plantas infestantes. Se practica en toda la superficie del suelo o combinado en el espacio con otra técnica (laboreo, cubierta vegetal). Por cuestiones económicas es una técnica muy utilizada, ya que es completamente mecanizable. La técnica requiere un buen conocimiento de la vegetación espontánea para reducir tratamientos. Para reducir los efectos medioambientales es necesario reconsiderar continuamente las materias activas y dosis.

Tiene los siguientes efectos favorables:

- Se reducen tanto los tiempos de operación como la frecuencia de las mismas, lo que lo convierte en un sistema más rentable.
- Conserva la estructura del suelo y reduce la erosión en situaciones de pendiente moderada frente al laboreo.
- Se favorece el desarrollo radical superficial de los árboles, ya que, al no mover el suelo, no se destruyen las raíces más superficiales.
- Facilita el acceso a la plantación en periodos lluviosos.

Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes:

- Si se realiza de manera indiscriminada, existe un elevado riesgo de contaminación de aguas, tanto superficiales como subterráneas, y del suelo.
 - Formación de costra superficial, además de una difícil incorporación de abonos y enmiendas.
 - Favorece la presencia de roedores que mutilan el sistema radicular.
 - Pueden aparecer problemas de fitotoxicidad en el cultivo y/o surgir malas hierbas resistentes a los herbicidas, por lo que se deberá tanto su composición como su método de acción a lo largo del tiempo.
 - Exige tener un conocimiento de las materias activas empleadas, así como de la reglamentación.

Cubierta vegetal

La cubierta vegetal es una forma económica y efectiva de mejorar la mayoría de los suelos. El tipo y variedad de cubierta vegetal seleccionada y manejo son factores a considerar para la obtención del máximo beneficio. El establecimiento de una cubierta vegetal viva que protege el suelo contra la erosión. El control de la cubierta se realiza mediante una serie de siegas mecánicas que regulan la altura de la misma. Los dos tipos principales de cubierta vegetal son la temporal, (sembrada cada campaña) y la permanente.

- Cubierta vegetal permanente: Esta técnica de mantenimiento del suelo consiste en cubrir el suelo de la plantación de forma definitiva con una pradera herbácea que se siega regularmente dejando la hierba en el suelo. La tendencia actual, consiste en limitarla a las calles, manteniendo desnuda la línea de la plantación, donde es más difícil establecer la cubierta y mantenerla con las siegas.

- Cubierta vegetal temporal, el suelo se cubre únicamente una parte del año (6-8 meses), con vegetación herbácea natural o sembrada, buscando producir la mayor masa posible de materia verde y practicar la técnica de abonado verde anual. El objetivo no es establecer una cubierta vegetal si no durante el periodo no activo y como consecuencia de la reducción de intervenciones se produce un desarrollo de vegetación arvense. El resto del año se mantiene el suelo limpio de malas hierbas con labores.

Las ventajas que presenta el establecimiento de una cubierta vegetal son las siguientes:

- Mejora la estructura del suelo y favorece la infiltración de agua.
- Permite el desarrollo radical superficial del árbol y el control de malas hierbas que no soportan la siega reiterada.
- Facilita el paso de maquinaria en los períodos húmedos, ya que la cubierta vegetal es capaz de soportar el peso de la maquinaria, por lo que se reduce la compactación del suelo.

Las desventajas que tiene son:

- La cubierta puede entrar en competición con el desarrollo del árbol.

- Se favorece el riesgo de heladas de irradiación si no se controla su altura de siega adecuadamente.
- Dificultad de establecimiento en plantaciones con riego por goteo.

Técnicas mixtas

Se trata de combinar cualquiera de las alternativas citadas anteriormente. El objetivo es resolver los problemas que pueden causar los distintos sistemas cuando se emplean individualmente, combinándolos con otros métodos. Estas técnicas pueden ser simultáneas, cuando se dan a la vez en distintas partes del terreno, o alternativas, cuando cada sistema se aplica en toda la superficie, pero en distintas épocas del año. Las combinaciones, en el espacio, más comunes que existen son:

- Laboreo-herbicidas.

Esta técnica combina el laboreo en el centro de las calles de la plantación y la aplicación de herbicidas bajo la línea de árboles. De este modo se elimina la dificultad técnica de realizar el control de la vegetación bajo los árboles mediante laboreo. Toda la superficie permanece libre de vegetación.

- Cubierta permanente-herbicidas.

Se establece una cubierta vegetal en las calles de la plantación, mientras que en la línea de los árboles se aplica herbicida para controlar las malas hierbas. Tiene la ventaja de mejorar la permeabilidad y dar estabilidad estructural.

Para elegir la alternativa más adecuada estudiaremos los factores expuestos anteriormente. La idea es realizar llevar un manejo de técnicas mixtas. Por lo que, procedemos a diferenciar dos zonas según el manejo que llevaremos a cabo. Por un lado, las líneas de los árboles y por otro, las calles de la plantación.

La primera zona analizada es la línea de árboles, para evitar dañar el tronco de los árboles y parte de las raíces más superficiales con el paso de la maquinaria de labor, descartamos el laboreo, por lo que tendremos que optar por un control de vegetación mediante herbicidas una alternativa más técnica, pero más eficaz si se aplica con precisión. Por cuestiones económicas es una técnica muy utilizada, ya que es completamente mecanizable. La técnica requiere un buen conocimiento de la vegetación espontánea para reducir tratamiento

En la segunda zona analizada, las calles, buscamos estabilidad estructural y reducir al máximo la erosión generada fuertes lluvias o por continuo laboreo. Esto nos hace descartar el laboreo como opción para el mantenimiento de las calles, por lo que la siguiente alternativa es el establecimiento de una cubierta vegetal. La cubierta vegetal permite el paso continuo de la maquinaria, ya que mejora la permeabilidad del suelo y evita encharcamientos. El control de la cubierta se realiza mediante una serie de siegas mecánicas que regulan la altura de la misma.

4.4.4. Alternativa elegida

La alternativa elegida es la técnica mixta cubierta-herbicida, ya que es la que mejores conclusiones ha obtenido. La combinación de las dos técnicas nos permite un fácil, rápido y económico mantenimiento del suelo, a la vez que facilita el paso de maquinaria, reduciéndose el riesgo de atascado cuando el suelo se encuentre con una humedad excesiva. La cubierta vegetal es capaz de soportar el paso de la maquinaria con una menor tasa de compactación del suelo que en los sistemas de laboreo, lo cual resulta muy interesante en una plantación de estas características.

El sistema de riego elegido, a priori, no es el más indicado para el establecimiento de la cubierta, dado que el bulbo húmedo que se genera queda localizado en las líneas de plantación y tendremos que aprovechar las épocas más lluviosas para implantarla y facilitar su nascencia. Para su control se utilizará la técnica de siega mecánica de finales de mayo, dado a la escasez de precipitaciones del verano, la cubierta va a permanecer muy débil, por lo que no se espera que cree una competencia excesiva con los árboles. Además, para evitar que las raíces de las malas hierbas generen competencia por el agua con las raíces de los árboles, se aplicarán herbicidas.

Hay que remarcar, que el primer año de la plantación, se elegirá la técnica mixta laboreo-herbicida para favorecer el desarrollo radicular en profundidad. Automáticamente, en el año de entrada en producción, se pasará a la técnica mixta cubierta vegetal-herbicida para favorecer el paso de la maquinaria de recolección.

Para evitar posibles daños en los árboles por contacto del herbicida será necesario instalar protectores en los troncos que sean capaces de cubrir toda la parte baja del árbol tal y como se detalla en el Anejo 7.

4.5. Manejo de herbicidas

Un herbicida es un producto fitosanitario utilizado para eliminar plantas indeseadas, en nuestro caso las que se localicen en las líneas de los árboles y generen una competencia por el agua y los nutrientes con nuestro árbol. Para evitar esa competencia aplicaremos herbicidas, por lo que procedemos a estudiarlos.

4.5.1. Clasificación de los herbicidas

Los herbicidas se pueden clasificar atendiendo a distintos criterios:

- Según su acción sobre la planta, los herbicidas se dividen en selectivos y totales o no selectivos:
 - Herbicida selectivo, es aquel que respetando el cultivo generalmente elimina un tipo concreto de mala hierba.
 - Herbicida total o no selectivo, es aquel producto que se aplica con la finalidad de controlar la totalidad de las malas hierbas existentes (anuales y perennes), sin discriminación.
- Según su persistencia, existe herbicidas residuales y no residuales:

- Herbicida residual, es el que se aplica al suelo y forma una película que evita la nascencia de las malas hierbas e impide la germinación de sus semillas.
 - Herbicida no residual, se degrada en poco tiempo por lo que solo actúa sobre las malas hierbas tratadas.
- Según su movilidad dentro de la planta, los herbicidas pueden ser sistémicos o de contacto:
- Un herbicida sistémico es el que se aplica sobre la planta, se absorbe y puede ser traslocado a otras zonas a través del floema, afectando partes de la mala hierba que no han entrado en contacto directo con el producto.
 - Un herbicida de contacto no puede ser traslocado por el floema solo afecta las partes de las plantas sobre las cuales ha caído el producto.
- Según el momento de aplicación:
- Herbicida de presembrado, se aplica antes de la siembra o plantación del cultivo.
 - Herbicida preemergencia, se aplica antes de la germinación de las malas hierbas y presenta acción residual.
 - Herbicida de postemergencia se aplica después de la germinación de las malas hierbas.

4.5.2. Estrategias de aplicación

Podemos diferenciar 5 estrategias o programas diferentes para el uso de herbicidas:

- Programa con única pasada: una única aplicación con herbicida de preemergencia. Asociando materias activas.
- Programa fraccionado: dos aplicaciones con herbicida de preemergencia (dosis reducida).
- Aportes secuenciales: similar al programa fraccionado, pero las materias activas de preemergencia son distintas en la primera pasada de las de la segunda. De esta forma aumentamos el espectro de actuación y bajamos los riegos de fitotoxicidad.
- Programa mixto: Postemergencia la primera pasada y preemergencia (1/2 dosis) la segunda, o viceversa. Disminuye la aplicación de herbicidas de preemergencia respecto a la opción A o B y ayudamos a la conservación del medio.
- Técnica de cubierta natural controlada: Esta técnica tiene por objetivo el mantenimiento racional de la flora adventicia mediante el empleo exclusivo de herbicidas de postemergencia. El objetivo no es eliminarlas totalmente las adventicias durante todo el año, sino frenar o controlar la flora natural para limitar su desarrollo. El empleo de esta técnica implica aceptar una cierta cobertura herbácea en invierno entre cada aplicación de herbicida.

4.5.3. Indicaciones para una correcta aplicación

Para realizar una buena aplicación con productos herbicidas es conveniente considerar globalmente un conjunto de factores con el fin de llevar a cabo un tratamiento económico,

efectivo y con el menos impacto ambiental posible. Las acciones y aspectos que adquieren mayor relevancia son los siguientes:

- Inspeccionar los campos periódicamente para conocer el estado y evolución de las hierbas e identificar las especies para poder planificar la aplicación del mejor herbicida a utilizar en cada momento.
- Seleccionar la materia o materias activas en función del estado de cultivo, de la hierba y del tipo de suelo. Comprobar que dichos principios activos están incluidos en la lista de los permitidos en el almendro y entre todas las posibles alternativas, escoger el herbicida de mínimo coste e impacto ambiental.
- Determinar la dosis adecuada para cada herbicida, aplicando la menor cantidad de producto posible en el momento de menor riesgo y mayor eficacia. Es importante considerar que usualmente las dosis mínimas recomendadas para producto suelen ser suficientes.
- Evitar la utilización repetida del mismo tipo de herbicida y potenciar la alternativa de familias de herbicidas diferentes para no favorecer la aparición de resistencias.
- Para erradicar las malas hierbas más complicadas, no se aconseja aumentar las concentraciones de producto sobrepasando las dosis recomendadas por el fabricante. En estos casos, la correcta elección de un herbicida selectivo y la mezcla de materias activas pueden resultar muy eficaces.
- No se recomienda aplicar herbicidas no autorizados, aunque la experiencia pueda demostrar su tolerancia en el cultivo.
- Siempre que sea posible, localizar los tratamientos herbicidas sobre las líneas de cultivo, realizando siegas o labores mecánicas en las calles.
- Es importante extremar las precauciones y evitar el uso de ciertos herbicidas en plantaciones con árboles jóvenes menores de 4 años.
- En caso de aplicar herbicidas residuales, puede ser de gran ayuda realizar un laboreo previo para limpiar el suelo.
- Se debe tener en cuenta que las malas hierbas anuales se controlan mejor cuando se encuentran en fases iniciales de desarrollo y requieren dosis más bajas. Por otro lado, de forma general, las malas hierbas perennes se erradican más fácilmente en fases cercanas a su floración.
- Realizar la aplicación cuando las condiciones atmosféricas sean las adecuadas, considerando el riesgo de lluvia y la incidencia del viento fundamentalmente.
- Elegir el equipo adecuado para realizar la aplicación y comprobar el estado de la maquinaria. Es aconsejable hacer revisiones periódicas para controlar principalmente el estado de las boquillas.
- Para atenuar la influencia del viento y favorecer una mejor repartición del producto, se recomienda utilizar boquillas antideriva.
- Realizar el tratamiento a una velocidad constante y cerrar la aplicación al final de las líneas durante el giro.
- No realizar ajustes o reparaciones de la maquinaria en la plantación ya que pueden provocar exceso de producto aplicado o contaminación.
- Es recomendable la agitación del producto en la mayoría de aplicaciones.

Cuando las aplicaciones se realizan correctamente los resultados suelen ser muy satisfactorios, y aún más, si se combinan adecuadamente con otros métodos de control, esencialmente mecánicos como el laboreo o la siega. Contrariamente, un error de cálculo en la dosis, una elección equivocada del tipo de herbicida, el mal estado de tratamiento o un momento inadecuado de aplicación entre otros factores pueden derivar en severos problemas para el cultivo.

4.5.4. *Alternativa elegida*

En nuestro caso, debemos considerar la forma de acción sobre las adventicias y las características de los herbicidas.

En el primer y segundo año de establecimiento de la plantación, debemos tener mucho cuidado con las aplicaciones de herbicidas y exclusivamente utilizar herbicidas de contacto o preemergencia, para no dañar los árboles, ya que un herbicida sistémico se aplica sobre la planta, se absorbe y puede afectar a partes del árbol que no han entrado en contacto directo con el producto.

Los años siguientes utilizaremos herbicidas de postemergencia o secantes. Aprovechando los estadios más tempranos de las malas hierbas, cuando con poca dosis de producto será suficiente para eliminarlas. Además, se combinarán herbicidas selectivos y totales en función de las malas hierbas existentes (anuales y perennes).

Por último, se alternarán materias activas y con diferentes modos de acción para no crear resistencias y tener problemas para eliminarlas.

4.6. Sistema de recolección

4.6.1. *Identificación de alternativas*

Los sistemas de recolección de cultivo de la almendra pueden ser manuales o mecánicos y su elección dependerá de la superficie de árboles, del marco y densidad de plantación, del sistema de formación de los árboles. Tradicionalmente, debido a los amplios marcos de plantación y al escaso rendimiento del cultivo del almendro, la recolección se ha realizado de manera manual, vareando los árboles y colocando unas lonas en el suelo para recoger la preciada almendra. Sin embargo, hoy día, debido al alto coste de la mano de obra y a la baja efectividad de este sistema, la recolección manual queda relegada a zonas donde el acceso con maquinaria es inviable, como puede ser en zonas de gran pendiente.

Por este motivo, únicamente se van a estudiar los métodos de recolección mecánica aplicables al cultivo del almendro, como son las siguientes:

- -Vibrador y barredora, modelo California.
- Recolección mediante vibrador con paraguas invertido.
- Recolección en continuo, maquinas autopropulsadas
- Recolección con cosechadora integral o vendimiadora.

4.6.2. Criterios de valor

Los criterios que se van a tener en cuenta para a la hora de elegir el sistema de recolección más adecuado son los siguientes:

Sistema de plantación

Debemos tener en cuenta el marco de plantación, la densidad, el sistema de poda y el tipo de maquinaria disponible, debido a que cada sistema de recolección necesita un espacio adecuado para la maniobrabilidad de la maquinaria, por lo que deberá estar acorde con la plantación.

Mecanización y economía del sistema

El objetivo del proyecto es utilizar el mayor grado de mecanización posible para aumentar el rendimiento en la recolección y reducir la necesidad de mano de obra, lo que se traduce en un mayor beneficio de la plantación, en cuanto a tiempo y dinero.

4.6.3. Evaluación de las alternativas

Los sistemas de recolección más importantes son los siguientes, los hemos ordenado de menos a mayor grado de mecanización:

- Vibrador y barredora, modelo California.

El vibrador, que puede ser acoplado al tractor o autopropulsado, dispone de una pinza que agarra el tronco del árbol y, mediante el accionamiento de la toma de fuerza, ejerce una vibración sobre el mismo, que provoca la caída de los frutos al suelo. Posteriormente una máquina hileradora, acordona la almendra en el centro de la calle y por último una máquina barredora la recoge del suelo, hace prelimpia y la descarga en un contenedor. Es un sistema muy utilizado en California para la recogida de otros frutos secos como la nuez y la avellana, pero no es utilizable en terrenos pedregosos.

- Recolección mediante vibrador con paraguas invertido

El vibrador, que puede ser acoplado al tractor o autopropulsado, dispone de una pinza que agarra el tronco del árbol y, mediante el accionamiento de la toma de fuerza, ejerce una vibración sobre el mismo, que provoca la caída de la almendra dentro del sistema de paraguas invertido que permite la recogida de la almendra, lo que produce un ahorro de la necesidad de mano de obra y se aumenta el rendimiento de recolección.

- Recolección en continuo con máquinas autopropulsadas

El sistema de recogida en continuo consiste en máquina autopropulsada con unas dimensiones de trabajo más amplias que permiten trabajar en árboles con volúmenes intermedios. Este tipo de recolección se adapta bien a la plantación es en semiintensivo con un marco de hasta 5x4 m. La velocidad de recolección estimada es una media de 5 a 6 árboles por minuto. Estas máquinas llevan incorporada peladora, lo que nos permite procesar la carga recolectada. Un ejemplo es la recolectora Tenías, Figura 18.



Figura 18. Recolectora de almendras Tenías.

– Recolección con cosechadora integral o vendimiadora

En este caso la recolección también es continua, como el caso anterior, ya que la misma máquina provoca la vibración de los árboles y recogida del fruto conforme avanza en la línea de cultivo. La posibilidad de utilizar las mismas máquinas de recolección de las plantaciones superintensivas de olivo ha permitido acceder de manera fácil y económica, dada su gran disponibilidad en el mercado, a un elemento fundamental para reducir la necesidad de mano de obra, e incrementar la productividad horaria. La máquina requiere de algunas variaciones y de un régimen de trabajo (velocidad, nº de batido de bastones) diferente con respecto al usado en la recolección del olivo, pero recolecta de manera eficaz y sin dañar al árbol la totalidad de la cosecha (95%). Además, la almendra se almacena en un depósito de 3.000 litros de capacidad, el cual, una vez llenado, bascula en un remolque auxiliar. Con un único operario, una parcela puede ser recogida en 1:30 h. Un ejemplo es la cosechadora New Holland.



Figura 19. Cosechadora New Holland descargando la almendra recolectada (28).

4.6.4. Alternativa elegida

El sistema de recolección elegido es el realizado mediante máquinas cabalgantes o vendimiadoras, ya que debido al reducido marco de plantación sería imposible la recolección

con cualquier otro método mecánico. Además, es el sistema de recolección más económico, dado que minimiza las necesidades de mano de obra y obtiene un elevado rendimiento de recolección. El sistema de recolección mediante vendimiadora está muy extendido en la recolección de la uva y en plantaciones de olivos en superintensivo. Además, este método de recolección evita el contacto del fruto con el suelo durante la recolección, por lo que no deprecia su calidad.

Para la utilización en la recolección de almendro es preciso usar las máquinas de mayor tamaño que se usan para la uva, ya que son capaces de recolectar de manera continua setos de más de 1,5 m de espesor y 2,7 m de altura. La capacidad de la tolva suele estar comprendida entre 1.000-3.000 l y cuentan con una velocidad de trabajo entre 1 y 2 km/h, por lo que permite recolectar una hectárea en 1,5 horas. Además, su eficacia de recolección es muy elevada, superior al 95%. El daño que causa al árbol tras la recolección es mínimo, aunque puede producir roturas de ramas, por lo que se recomienda realizar un tratamiento de cobre tras la recolección.

5. CONCLUSIONES

En la plantación a realizar se han escogido las variedades *Vialfas* y *Lauranne* (El denominador común de estas variedades es la auto fertilidad y la floración tardía) sobre el portainjertos *Rootpac 20*. El formato de planta “smart-tree” se vende en una pequeña maceta y está provista de un tutor de apoyo y protegida con un protector plástico para facilitar la posterior gestión de las plagas y malas hierbas con productos químicos durante las fases iniciales de cultivo en el campo. Las plantas se colocarán en un marco de plantación en marco rectangular, dichas plantas dispondrán de un ancho de calles de 3,5 metros y una distancia entre pies de árbol de cada fila de 1,25 metros. Dichas filas estarán dispuestas con una orientación noroeste-sureste, con el fin de conseguir unas filas largas de árboles que faciliten la mecanización y el aprovechamiento de la radiación solar. El sistema de riego escogido será de riego a goteo subterráneo con dos ramales de riego por fila de árboles dado a su máximo aprovechamiento de los recursos hídricos. Finalmente, se persigue un objetivo de producción de 2500-3000 kilos de grano por hectárea. El elemento que limita el cultivo superintensivo del almendro podría ser el factor hídrico. Se calcula que para alcanzar una producción de 3000 kilos de grano/ha se necesitan al menos 4.000-5.000 m³/ha/año de aportes hídricos. Así pues, no es posible pensar en una plantación de almendro superintensivo sin la disponibilidad de una cantidad mínima de agua, a menos que se acepte una reducción de la producción por hectárea. En nuestro caso no tendremos limitación de agua por lo que esperamos alcanzar las producciones estimadas (19). Respecto al mantenimiento del suelo vamos a usar una técnica mixta donde se establece una cubierta vegetal en las calles de la plantación, mientras que en la línea de los árboles se aplica herbicida para controlar las malas hierbas. Por último, para la recolección de la almendra se realizará mediante máquinas cabalgantes debido a su adaptabilidad al marco de plantación y a su elevado rendimiento de trabajo.

6. FIGURAS ADICIONALES

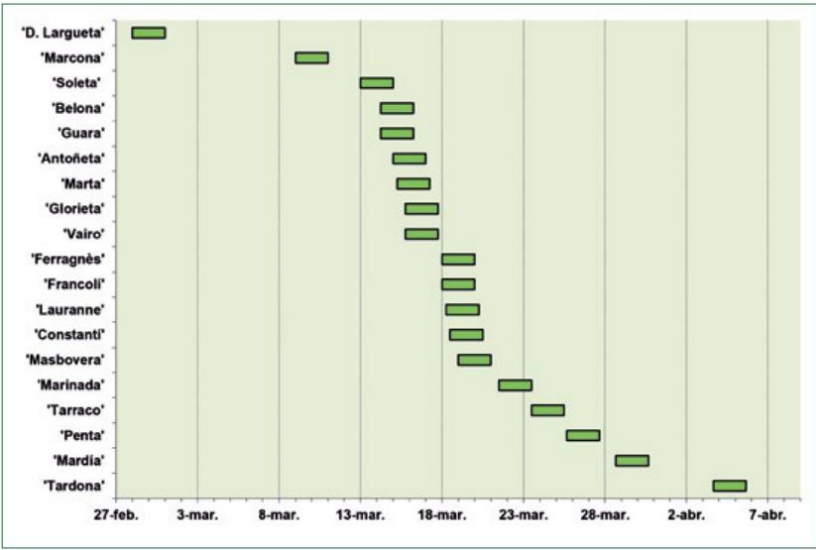


Figura 20. Fecha de plena floración de diferentes variedades de almendro en Les Borges Blanques (Lleida). Datos IRTA: medias de 5 años (29).

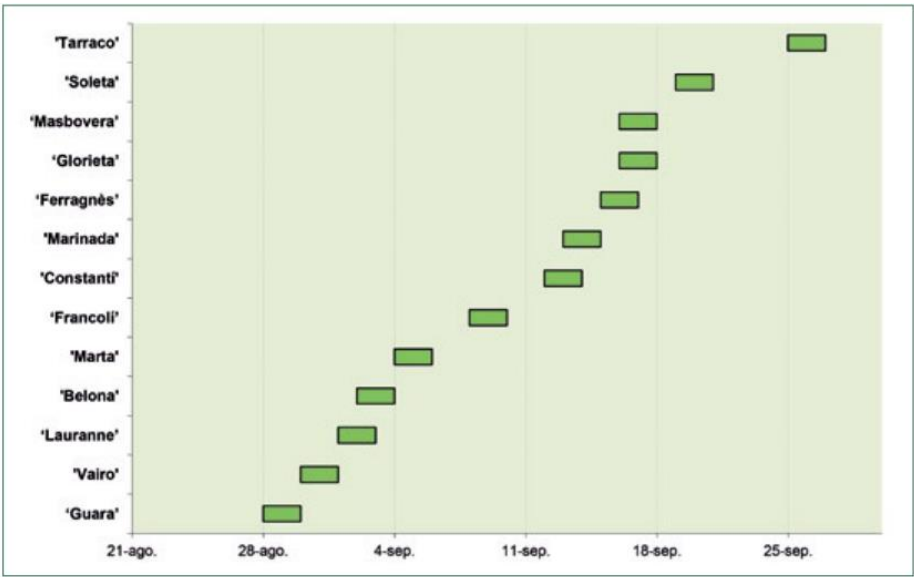


Figura 21. Fecha de maduración (> 75% de frutos con el mesocarpio abierto) de 13 variedades de almendro en Les Borges Blanques (Lleida). Datos IRTA: medias de 5 años (29)

Tabla 7. Resumen de propiedades de las s variedades analizadas.

VARIEDAD	FLORACIÓN	POLINIZACIÓN	VIGOR	MADURACIÓN	RENDIMIENTO %
----------	-----------	--------------	-------	------------	---------------

<i>BELONA</i>	semi-tardía	autógama	medio	media	35
<i>GUARA</i>	tardía	autógama	medio	media	32-35
<i>LAURANNE</i>	tardía	autógama	reducido	semi-temprana	35
<i>MARDIA</i>	extra-tardía	autógama	medio	media	25
<i>MARINADA</i>	muy tardía	autógama	reducido	media	31
<i>PENTA</i>	muy tardía	autógama	reducido	temprana	27
<i>SOLETA</i>	semi tardía	autógama	medio	semi tardía	35
<i>TARDONA</i>	extra tardía	autógama	reducido	media	25
<i>VIALFAS</i>	extra tardía	autógama	medio	temprana	25

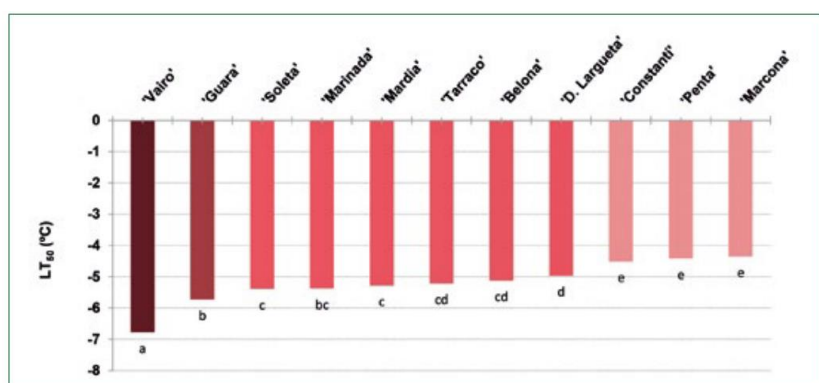


Figura 22. Susceptibilidad a bajas temperaturas en el estadio de la floración, en diferentes variedades de almendra (Temperatura letal que provoca daños en el 50% de las flores (TL50 (°C)) de la variedad analizada (30).




Vigor de las principales variedades de almendra		
Reducido	Medio	Elevado
Tipo 'Guara'	Tipo 'Marcona'	Tipo 'Masbovera'
		
'Guara' 'Lauranne' 'Marinada' 'Penta' 'Tardona'	'Desmayo Langueta' 'Ferraduel' 'Mardia' 'Marcona' 'Nonpareil' 'Soleta' 'Tarraco' 'Tuono' 'Vairo'	'Antonieta' 'Belona' 'Constanti' 'Francoli' 'Ferragnès' 'Glorieta' 'Marta' 'Masbovera'

Figura 23. Clasificación de las diferentes variedades de almendra en función del vigor (31).




Porte abierto	Porte semiabierto	Porte erecto
Tipo 'Guara'	Tipo 'Vairo'	Tipo 'Marta'
		
'Antonieta' 'Desmayo Largueta' 'Francoli' 'Guara' 'Lauranne'	'Belona' 'Ferragnès' 'Glorieta' 'Marinada' 'Marcona' 'Masbovera' 'Nonpareil' 'Penta' 'Soleta' 'Tardona' 'Tuono' 'Vairo'	'Constanti' 'Ferraduel' 'Marta' 'Tarraco'

Figura 24. Clasificación de las diferentes variedades de almendro en función del porte (31).

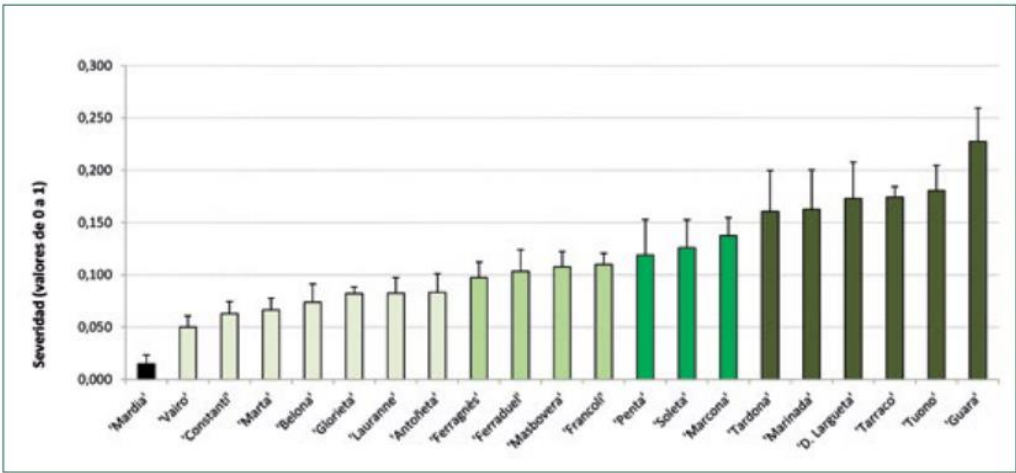


Figura 25. Clasificación de diferentes variedades de almendro en función del nivel de susceptibilidad a la mancha ocre. La susceptibilidad ha sido valorada de acuerdo a la severidad de síntomas en hojas, mediante una evaluación visual. Datos preliminares IRTA: medias de 3 años (31).

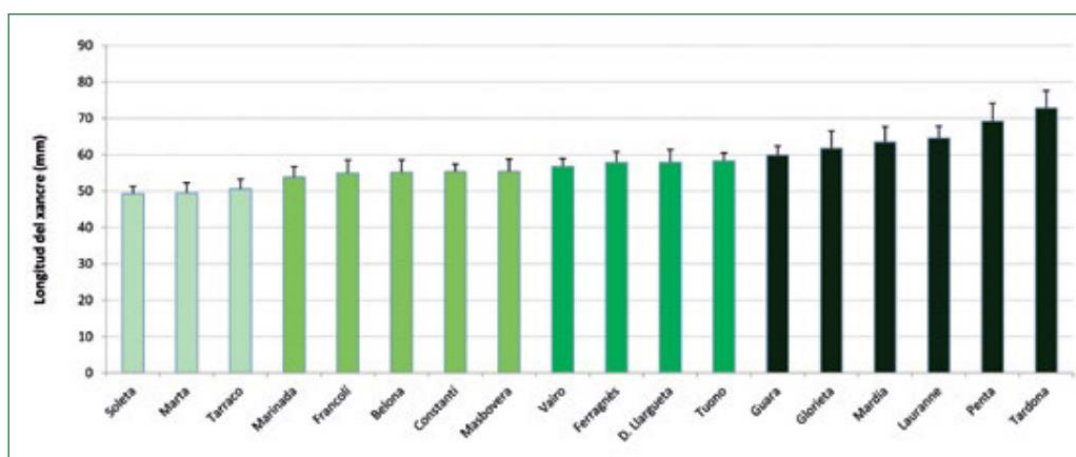


Figura 26. Clasificación de diferentes variedades de almendro en función del nivel de susceptibilidad al chancro o *Fusicoccum*. La susceptibilidad ha sido valorada de acuerdo a la longitud del chancro que provoca la enfermedad, después de la inoculación de brotes del año. Datos preliminares IRTA: medias de 3 años (31).

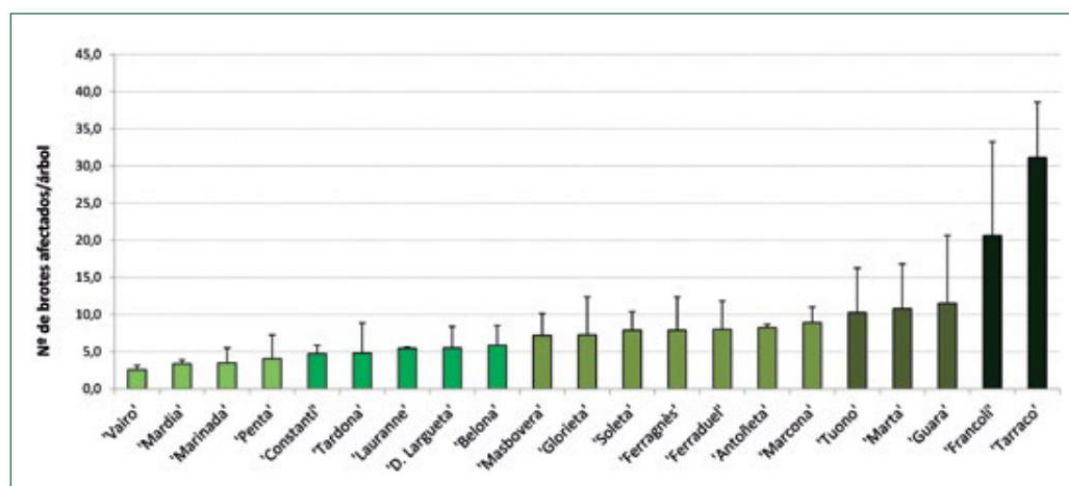


Figura 27. Clasificación de diferentes variedades de almendro en función del nivel de susceptibilidad a moniliosis. La susceptibilidad ha sido valorada de acuerdo al número de brotes afectados por árbol. Datos preliminares IRTA: medias de 2 años (31).

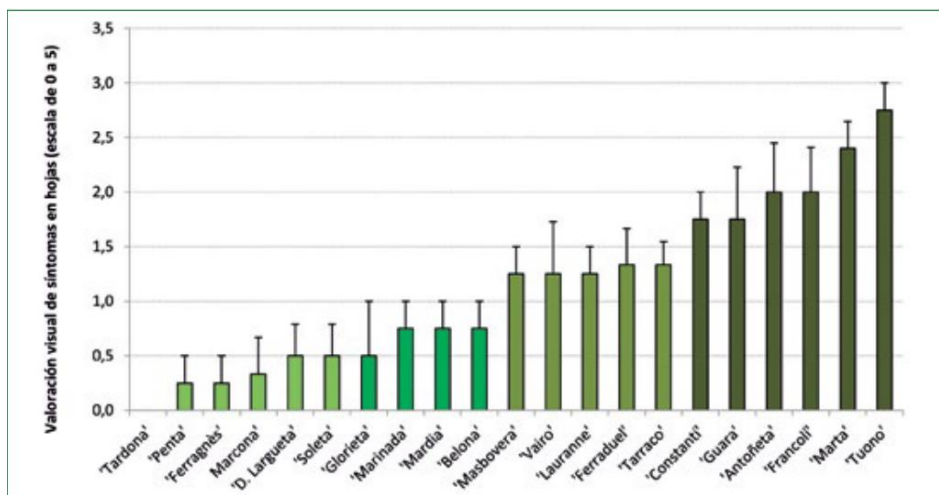


Figura 28. Clasificación de diferentes variedades de almendro en función del nivel de susceptibilidad al cribado. La susceptibilidad ha sido determinada de acuerdo a una valoración visual de síntomas en hojas (escala de 0 a 5). Datos preliminares IRTA: medias de 2 años (31).

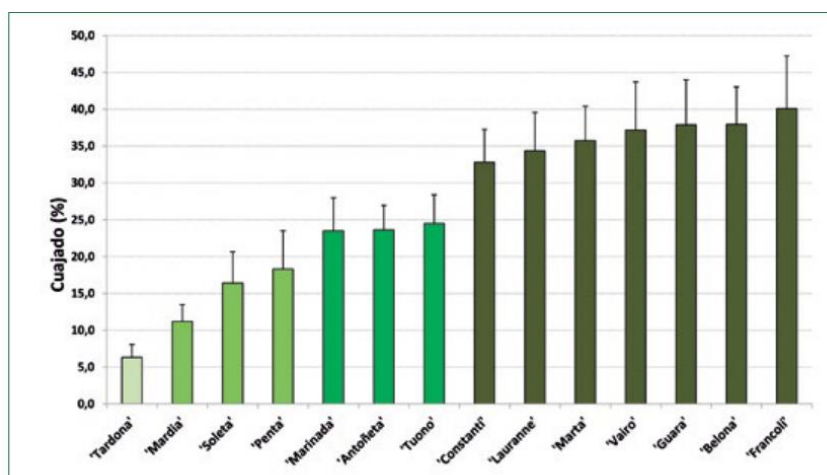


Figura 29. Cuajado de las principales variedades de almendro auto fértiles en condiciones de campo, utilizando 5 colmenas de abejas/ha. Datos IRTA: medias de 4 años. (30)

Tabla 2. Características agronómicas de los portainjertos de la serie Rootpac (19) .

PORTAINJERTO	VIGOR (CON RESPECTO AL GF 677)	COMPATIBILIDAD ¹	PORTE	PRODUCTIVIDAD	CALIBRE	PRECOCIDAD (+/- GG CON RESPECTO AL GF 677)	ADAPTABILIDAD
ROOTPAC® 20	- 40/50 %	P, N, SC, M, A (algunas cv)	Erguido y Compacto	Alta	Bueno	-5	Alta densidad; terrenos pesados, zonas frías
ROOTPAC® 40	- 25/30%	P, N, A, SC (algunas cv)	Erguido	Alta	Bueno	- 3/7	Elevada; para zonas con poca necesidad de frío
ROOTPAC® 70	- 20 %	P, N, SC (algunas cv)	Semiabierto	Alta (superior al GF677)	Bueno (superior al GF 677)	-7	Elevada; para zonas con poca necesidad de frío
ROOTPAC® 90	Parecido a GF 677	P, N, M, SC (algunas cv)	Erguido	Alta (superior al GF677)	Bueno	0	Elevada
ROOTPAC® R	Parecido a GF 677	Óptima con P, N, S; buena con A, M	Abierto	Alta	Bueno	- 2/5	Elevada; buena en tierras arcillosas y empobrecidas; óptimo para las reimplantaciones

¹A: albaricoquero, M: almendro, N: nectarino, S: ciruelo, SC: Ciruelo chino-japonés

Modelo productivo	Inversión de plantación (€)	Gastos primeros años (€/ha)	Gastos plena producción (€/ha)	Pay-back (años)	TIR (%)	VAN (€)
Modelo tradicional	6.100	1.300-2.600	3.700	9	16,7	37.328
Modelo intensivo	6.900	1.300-2.600	4.400	7	21	47.917
Modelo de alta densidad	16.344	1.600-3.000	4.300	8	18,2	62.212

Figura 30. Resultado del análisis económico de los diferentes modelos productivos (21).

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Felipe AJ. El almendro: el material vegetal: Mira Editores; 2000.
2. Urbina V. Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales. Monografías de. 2001.
3. Alonso J, Espiau M, Ansón J. Estimación de las necesidades en frío y en calor para la floración en el almendro mediante series temporales fenológico-climáticas. ITEA Vol 101 (4), 282. 2005;302.
4. HERNANDEZ S. EL CULTIVO DEL ALMENDRO CULTIVOS LEÑOSOS: FRUTALES DE ZONAS ARIDAS/DOMINGO M. SALAZAR HERNANDEZ Y PABLO MELGAREJO MORENO2002.
5. López-Higuera FD, Caballero JE. El cultivo del almendro en zonas muy frías con variedades de floración extra-tardía. Vida rural. 2013(368):16-20.
6. Rubio Cabetas MJ. Variedades de almendro y portainjertos: particularidades del almendro en seto. Grupo de Mejora Genética Hortofruticultura CITA. 2019.
7. Socias ICR. Características de las variedades de almendro. Unidad de Hortofruticultura CITA de Aragón. 2019.
8. Alonso J, Ansón J, Kodad O. La elección varietal en el almendro: criterios de selección y posibilidades actuales. Revista de fruticultura. 2015(39):12-25.
9. Segura JMA, Kodad O, Ansón J. 'Vialfas', una nueva variedad de almendro del CITA de Aragón de floración extra-tardía. Revista de fruticultura. 2016(49):60-7.
10. Felipe A, editor Rootstocks for almond. Present situation. Zaragoza (Spain), 29-30 Nov 1988; 1989: CIHEAM.
11. Gómez Aparisi J, Alonso J, Rubio-Cabetas M, Kodad O. Challenges and perspectives of new almond cultivars and rootstocks for a sustainable production. ITEA. 2009;105(2):99-116.
12. i Pericay JC. Situació actual, característiques i comportament agronòmic dels portaempelts de presseguer. Dossier tècnic. 2006(17):3-18.
13. Felipe AJ. 'Felinem', 'Garnem', and 'Monegro' almond x peach hybrid rootstocks. HortScience. 2009;44(1):196-7.
14. Pinochet J. 'Greenpac', a new peach hybrid rootstock adapted to Mediterranean conditions. HortScience. 2009;44(5):1456-7.
15. Miarnau X, Torgueti L, Batlle I, Romero A, Rovira M, Alegre S, editors. La revolución del almendro: Nuevas variedades y modelos productivos. Proceedings of the Simposio nacional de almendro y otros frutos secos, Lérida, Spain; 2015.
16. Felipe Mansergas A. Patrones para el cultivo del almendro en secano y regadío. 1987.
17. Cabetas MJR. Patrones para el cultivo del almendro. Revista de fruticultura. 2010(10):44-55.
18. Montañés E. Rootpac® R: Un seguro a largo plazo. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2018(32):58-62.
19. Laghezza L, Gentile C, Catalano L. Viverismo: surge de la mejora genética, el almendro en seto. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2017(31):36-40.
20. Alastrué Azón J, Casanova Gascón J. Proyecto de una plantación de almendros en régimen semi-intensivo mediante implementación de riego deficitario controlado en el término municipal de Almudévar (Huesca).
21. Miarnau XT, L.; Girabet, R.; Maldonado, M.; Alegre, S. Estudio económico de modelos productivos en el cultivo del almendro modelo intensivo y superintensivo. IRTA Programa de Fruticultura. 2019.
22. Maldonado M, Pomar LT, Girabet R, Zazurca L, Martínez G, i Prim XM. Nuevos modelos productivos para la intensificación del almendro. Vida rural. 2019(472):44-9.
23. Rius x, Rubio Cabetas MJ, Felipe AJ. El cultivo del almendro. Zaragoza2017.
24. Iglesias I. El almendro autoenraizado en secano. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2020;36.
25. Mohedano DP, Bollero AL. Principales sistemas de formación en el olivar en seto. Vida rural. 2018(443):62-6.

26. Gascón JC, Panillo MF, Ramos PM, Roca JM. Comparación de los sistemas de formación en seto y en vaso libre con la variedad de almendro "Soleta". Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2019(35):26-33.
27. López FJM. Sistemas de riego de alta eficiencia productiva: Riego por goteo subterráneo (RGS/SDI) en cultivo del almendro. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2019(35):18-24.
28. Roca JM, Gómez JM, López M. El almendro en seto SHD: La recolección con máquinas cabalgantes. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2014(25):35-47.
29. Ortega E, Caballero JE, García PM, Gómez E, López-Higuera FD. Biología reproductiva y producción en almendro. Revista de fruticultura. 2016(49):6-12.
30. Miarnau X, Batlle I, Alegre S, Vargas J, editors. Almond flower tolerance to spring frosts in new spanish cultivars. Internacional Symposium on Almond and Pistachios (ISHS) Murcia; 2013.
31. i Prim XM, Pomar LT, Caravaca IB, Aroca AR, i Cambra MR, Castellví SA. Comportamiento agronómico y productivo de las nuevas variedades de almendro. Revista de fruticultura. 2016(49):42-59.

ANEJO 7

PLANTACIÓN Y PROCESO PRODUCTIVO

ÍNDICE

1. ACTIVIDADES PREPARATORIAS.....	1
1.1. Preparación del terreno.....	1
2. EJECUCIÓN DE LA PLANTACIÓN.....	3
2.1. Replantado y marcado	4
2.2. Recepción de las plantas.....	4
2.3. Instalación del sistema de riego	5
2.4. Plantación	5
2.5. Atado al tutor	6
2.6. Riego de plantación	6
2.7. Reposición de marras	7
2.8. Colocación del protector.....	7
3. FASES DE LA PLANTACIÓN	8
4. PROCESO PRODUCTIVO.....	9
4.1. Actividades y necesidades.	9
4.2. Fertilización.....	9
4.2.1. Aspectos generales.....	9
4.2.2. Necesidades nutricionales del almendro.....	10
4.2.3. Extracciones del cultivo	14
4.2.4. Enmienda orgánica pre-plantación.....	15
4.2.5. Fertilización mineral	16
4.2.6. Fertilización orgánica	23
4.2.7. Programa de fertirrigación.....	25
4.2.8. Resumen fertilización	30
4.2.9. Resultados análisis.....	31
4.3. Poda del almendro	32
4.3.1. Aspectos generales.....	32
4.3.2. Criterios a valorar	32
4.3.3. Tipos de poda	33
4.3.4. Maquinaria de poda.....	36
4.3.5. Resumen operaciones de poda	36
4.4. Mantenimiento del suelo.....	37
4.4.1. Mantenimiento del suelo el primer año	37
4.4.2. Mantenimiento del suelo a partir del segundo año	37
4.4.3. Resumen del mantenimiento.....	39
4.5. Control de plagas y enfermedades.....	39
4.5.1. Principales plagas	40
4.5.2. Enfermedades	42
4.5.3. Tratamientos fitosanitarios.....	49

Anejo 7: Plantación y proceso productivo

4.5.4. Cuaderno de explotación	51
4.6. Recolección	51
4.6.1. Introducción	51
4.6.2. Época de recolección	52
4.6.3. Maquinaria utilizada	52
4.6.4. Operaciones post-cosecha	53
4.7. Secado de la almendra.....	53
5. BIBLIOGRAFÍA	55

1. ACTIVIDADES PREPARATORIAS

En este apartado se definen las tareas a realizar previamente al establecimiento de la plantación. En esta fase, es imprescindible evitar la pérdida de árboles y asegurar el correcto desarrollo de estos. El objetivo principal durante este proceso es conseguir preparar el terreno con unas condiciones que permitan un adecuado desarrollo del sistema radicular de este. Dado que nuestra parcela ha permanecido dedicada al cultivo en extensivo, será clave realizar labores de fondo que permitan descompactar los primeros horizontes del suelo. Así mismo, también se procederá a realizar un despedregado para retirar las piedras presentes en superficie con el fin de obtener un terreno lo más limpio y uniforme posible que nos permita un mejor desarrollo de ciertas actividades en el futuro.

1.1. Preparación del terreno

Previamente a la implantación de los árboles se va a realizar una esmerada preparación del terreno, ya que van a vegetar en él durante un largo periodo de tiempo. Para ello, conviene dar una serie de labores que mejoren las características edáficas del perfil, favorezcan la infiltración de agua y la oxigenación del suelo, lo que repercutirá en un aumento de la actividad microbiana. Además un adecuado laboreo del suelo, limpia el terreno de malas hierbas y acelera la mineralización de la materia orgánica, lo que se traduce en un aumento de la disponibilidad de elementos minerales en el suelo.

La preparación del terreno para una plantación de almendros ha de realizarse a una profundidad de, aproximadamente, 60-80 cm. Para ello, realizaremos un subsolado del suelo, donde procedemos a realizar un laboreo vertical que únicamente permita resquebrajar el terreno en profundidad, sin la inversión de horizontes. Para ello, se utiliza el subsolador, que únicamente ejerce un laboreo vertical a una profundidad de 70-80 cm, lo que es de obligado cumplimiento en suelos que tengan un perfil heterogéneo en profundidad.

Posteriormente al subsolado, se realizarán una serie de labores complementarias a base de cultivador, que permitirán un afinamiento y nivelación del terreno, a la vez que la incorporación de posibles fertilizantes minerales, en caso de que fueran necesarios. En el caso del suelo de la parcela, no es necesario realizar un abonado de fondo, ya que la concentración de los elementos más importantes para el desarrollo del cultivo, se encuentra dentro de valores normales o altos.

En consecuencia, las labores que se van a realizar, previamente a la plantación y ordenadas cronológicamente, son las siguientes:

Enmienda orgánica

El nivel de materia orgánica que presenta el suelo de la parcela donde se va ubicar el proyecto (2,38%), es un valor correcto, aun así debido al largo periodo durante el que los árboles estarán en la parcela, se procederá a realizar una enmienda orgánica. Debido a la cercanía de una explotaciones ovinas propiedad del promotor, será el estiércol de ovino el que se va utilizar como enmienda orgánica. La cantidad de estiércol a aplicar se calcula en el apartado de fertilización. Se dispondrá de un esparcidor de 16 m³ (Figura 1), con el que se repartirá de manera uniforme por la parcela.



Figura 1. Tractor con pala cargando el esparcidor de estiércol.

Subsolado

Esta operación se realizará a continuación de la enmienda orgánica, aprovechándose para enterrar el estiércol. Es llevada a cabo para conseguir los siguientes beneficios:

- Permitir y facilitar el desarrollo de las raíces.
- Hacer más permeable el terreno al agua y al aire.
- Limpiar la tierra de raíces, piedras, larvas de insectos, etc.
- Provocar o activar la actividad microbiana.
- Movilizar las reservas fertilizantes.

Esta labor profunda de subsolado la realizaremos en verano u otoño unos meses antes de la plantación. Se trabajará con profundidades de 60-70cm que serán llevadas a cabo en dos pasadas cruzadas. Para permitir un buen trabajo del apero es importante que el terreno este algo seco, lo que generará una mayor descompactación.



Figura 2. Subsolador de 7 púas y doble rodillo descompactador.

Despedregado

Una vez realizada la labor de subsolado permanecerá piedras en superficie de modo que será preciso eliminarlas para facilitar la ejecución de ciertas actividades futuras para el manejo de la explotación. Cómo el porcentaje de pedregosidad es adecuado, en lugar de machacarlas y que continúen en la parcela, las retiraremos de la misma. Una vez realizada esta operación el terreno quedará libre de piedras.



Figura 3. Despedregadora con descarga trasera.

Labores secundarias

Primero se procederá con un cultivador de 21 brazos, que nos permita afinar y allanar el terreno más superficial. Para ello, se van a ejecutar dos labores cruzadas de cultivador a una profundidad de 15-25 cm. Posteriormente una leve nivelación debido a la escasa pendiente de nuestra parcela, pensando en evitar escorrentías en posibles fuertes tormentas. Y finalmente un rulado que nos permita dejar el suelo liso y uniforme para ejecutar el plantado, gracias a un rulo liso con cuchilla de 7,7 metros, Figura 4.



Figura 4. Rulo liso con cuchilla de 7,7 m.

2. EJECUCIÓN DE LA PLANTACIÓN

Una vez terminado el proceso de preparación del terreno, se procede a ejecutar las distintas etapas del proceso de plantación. Previamente a la plantación física de los árboles, se ha de solicitar al vivero con suficiente antelación la combinación variedad-patrón deseada, para que en el momento de la plantación ya se disponga del conjunto de árboles deseados.

Los árboles elegidos, los cuales vienen en macetas, están preparados para ser plantados directamente con un protector individual como se aprecia en la Figura 5 , donde se describen alguna de sus características.



Figura 5. Formato de planta 'smarttree' con sus características (1).

La plantación de árboles con cepellón (en maceta), puede realizarse en cualquier época del año, aunque es recomendable hacerla a finales del invierno, cuando se reduce la intensidad de las heladas invernales y se produce el inicio del nuevo ciclo vegetativo. Por ello se decide que la fecha más adecuada para la plantación es a finales de mayo y principios de junio, se elige esta época, porque se busca que el riesgo de heladas primaverales sea mínimo. La labor de plantación la va a realizar una empresa de servicios mediante plantadoras automáticas guiadas por GPS, con el objeto de garantizar una máxima precisión en los marcos de plantación. Para ello, se debe ajustar la plantadora para cumplir con el marco deseado (3,5x 1,25).

2.1. Replantado y marcado

La labor de realizar las líneas donde se establecerán las plantas se va a realizar con máxima precisión gracias al GPS con señal RTK que está dotado de un error de 5-10 cm, el cual permanece incorporado en el tractor que realizará esta operación junto con un brazo de subsolador, teniendo en cuenta que estas líneas están separadas a una distancia de 3,5 metros y son totalmente paralelas.

El marcado del punto exacto donde irán colocados los plantones ha de hacerse de manera minuciosa, aunque de dicha labor se encargara la máquina de plantado ya que automáticamente en cada fila de la plantación introduce los plantones a una distancia preseleccionada (1,25 metros en nuestro caso), es muy importante ir comprobando durante el plantado que dicha disposición es la adecuada.

2.2. Recepción de las plantas

Tras la recepción de la planta por parte del vivero o empresa encarga de la distribución, debemos identificar las dos variedades y comprobar el estado de las mismas: físico y sanitario. Los almendros deben plantarse lo más pronto posible una vez recibidos, en este caso vienen con cepellón, lo que nos permitirá más tiempo de maniobra. Los plantones se colocaran en el remolque con el fin de ir a suministrándoselos a la maquina plantadora. Si los plantones no se van a colocar en el terreno en el momento, se deberán conservar en un lugar fresco y húmedo sin luz directa.

2.3. Instalación del sistema de riego

Previamente a la plantación de los árboles conviene tener todo el sistema de riego preparado para su instalación. De esta manera, se reduce el tiempo de montaje en el periodo post-plantación, ya que es necesario realizar un riego justo después de la plantación para asentar el terreno y garantizar un buen contacto de las raíces del árbol con el suelo.

Para no retrasar el riego de plantación, conviene tener instalado todo el sistema de riego, y únicamente faltará la instalación de las tuberías porta-goteros, que se ejecutará con la misma maquina plantadora como se aprecia en la Figura 6.



Figura 6. Colocación de tubería porta-gotero con maquina plantadora (2).

2.4. Plantación

Para la correcta colocación de la planta con cepellón en suelo debemos cumplir las siguientes premisas:

- No enterrar el punto de injerto
- Plantar el almendro con el cepellón hidratado
- Un golpe seco para desprender el cepellón de la maceta
- Regar el almendro para que haya unión entre la tierra y el cepellón

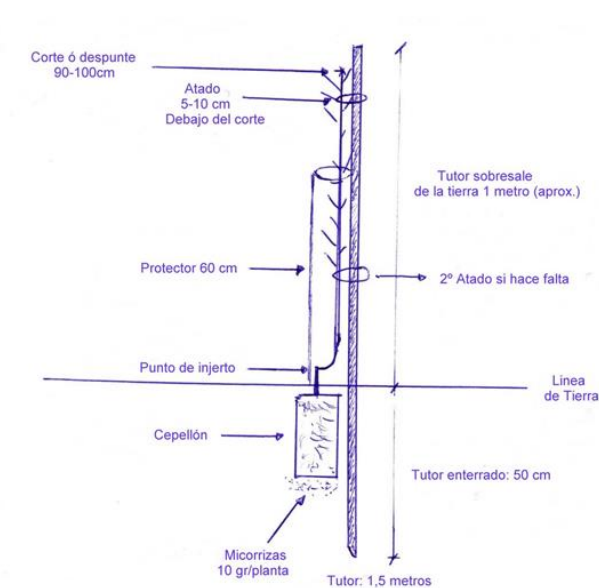


Figura 7. Croquis correcta colocación de la planta en el suelo (2).

De la correcta colocación del conjunto planta-tutor (Figura 7) se va a encargar el vivero debido a que disponen de la maquinaria y experiencia necesaria para realizar una labor tan importante como es esta. Las plantadoras son máquinas semiautomáticas que trabajan en continuo, siguiendo las líneas de plantación que han sido modeladas por GPS, y son arrastradas por un tractor. Dicha máquina dispone de un sistema hidráulico que incorpora al mismo tiempo la planta y el tutor, de pino tratado (4 cm de diámetro) en nuestro caso, ya que es ideal para plantaciones superintensivas. Es cierto que es un material más caro que el bambú, pero a cambio es mucho más resistente (2). El tutor y la planta irán en conjunto colocados a una distancia preestablecida de 1,25 metros respecto al siguiente, el tutor individual tendrá una altura de 75 cm, enterrado 25 cm.

Para ello se precisan cuatro operarios en la equipo como podemos observar en la Figura 8, un tractorista, una persona para alcanzar las plantas, otro para alcanzar los tutores, que colocan el conjunto planta-tutor en el prensador hidráulico y el cuarto que se encarga de supervisar la colocación y de pisar la base de la planta con el suelo para favorecer un rápido contacto del cepellón con el suelo, eliminando las posibles bolsas de aire.



Figura 8. Máquina encargada de implantar la planta y el tutor en el suelo (2).

La planta se colocará de forma que el punto de injerto quede a unos 2 cm por encima de la superficie del terreno. El cepellón se cubrirá con tierra más bien fina mediante unos discos preparadores que dispone la máquina.

2.5. Atado al tutor

Nuestra planta viene de vivero con un tutor temporal de bambú, el atado al tutor definitivo se realizara, pasadas varias semanas en un siguiente pase una vez la planta ya esta asentada en el suelo. La retirada del tutor de bambú se realizara al siguiente año durante la poda de formación.

2.6. Riego de plantación

Acto seguido de la plantación de los árboles, es necesario realizar un riego de asentamiento para favorecer el contacto de la raíz con el suelo y crear las condiciones óptimas de humedad y aireación, que faciliten el enraizamiento. Con una aportación de 15-20 litros por planta puede ser suficiente.



Figura 9. Operarios realizando el primer riego o riego de plantación.

En la Figura 9, podemos ver como se realiza el riego de plantación acoplando dos mangueras a una cuba de agua para un fácil manejo.

2.7. Reposición de marras

Esta operación se debe realizar lo más pronto posible, ya que cuanto menos se retrase, mayor será el grado de uniformidad de la plantación. No obstante, el hecho de que las plantas dispongan de cepellón, reduce sustancialmente el número de marras y, por tanto, las necesidades de reposición. En este caso, la reposición de marras se va a realizar a finales de agosto, principios de septiembre, una vez detectada claramente la muerte de las plantas.

2.8. Colocación del protector

El protector tubular es una herramienta que se coloca alrededor de la planta para proteger la planta frente a:

- Ataque de los animales (ratones, conejos).
- Heladas
- Acción desecante del viento
- Radiación excesiva
- Protegen de herbicidas

La colocación del protector adecuado depende de múltiples factores, como el tipo de planta, las características técnicas del protector (color, con/sin agujeros, grado de transparencia). Como nuestra planta viene de vivero con un protector de papel, la retirada de ese protector y el colocado de uno definitivo de plástico blanco, se realizara una vez pasados los dos primeros años.

3. FASES DE LA PLANTACIÓN

En la Tabla 1 se recogen las distintas operaciones necesarias para llevar a cabo el establecimiento de la plantación y sus fechas de realización.

Tabla 1. Resumen de las operaciones de plantación

Orden	Época	Operación y descripción
1	10-15 Septiembre	Enmienda orgánica. Estiércol de oveja (20 t/ha)
2	15-30 Septiembre	Pase de cultivador para enterrar el estiércol.
3	10 marzo - 25 marzo	Enmienda orgánica. Estiércol de oveja (40 t/ha)
4	1 abril - 10 abril	1º Subsulado. Pase de subsolador paralelo a las calles.
5	10 - 20 abril	2º Subsulado. Pase cruzado de subsolador, perpendicular a las calles.
4	25 - 30 abril	Despedregado. Eliminación de piedras superficiales.
5	1 - 5 mayo	Pase de cultivador. Labor con cultivador para el afinando la tierra y la eliminación de desniveles
	5-10 mayo	Pase de rulo. Compactación y suelo listo para el replanteo.
6	15 mayo- 25 mayo	Replanteo y marcado de calles de servicio. Preparación de la instalación de riego
7	25 mayo – 1 junio	Recepción y preparación de la planta. Comprobación sanidad de todos los árboles y separación por variedades.
8	1-15 Junio	Plantación de los árboles. Comprobar la correcta colocación de los árboles.
9	1-15 Junio	Colocación de tubería porta-gotero
10	15 – 20 Junio	Riego de plantación
11	20 – 30 junio	Recolocación de árboles torcidos
11	20 – 30 junio	Atado al tutor de pino tratado (1,5 m).
12	20 agosto - 10 septiembre	Reposición de marras
13	Final 2º año	Colocación del protector definitivo

4. PROCESO PRODUCTIVO

4.1. Actividades y necesidades.

En la gestión de una plantación existen una serie de actividades y operaciones que año tras año debemos realizar para que las plantas se desarrollen correctamente y finalmente sobre el 5º o 6º año alcancen la plena producción. Es un periodo largo y costoso, que se alcanza realizando las actividades de manera ordenada, además de precisa y atendiendo las necesidades que el árbol requiere en cada momento. El sistema de plantación requiere tener un nivel técnico elevado debido al gran número de plantas que colocamos por hectárea. Requiere aumentar los medios de producción aplicados, pero al incrementarse la cosecha, resulta que el coste por kg producido disminuye hasta alcanzar el nivel mínimo cuando se llega a un óptimo de cosecha.

La obtención de cosechas elevadas y regulares supone la necesidad de optimizar los medios de producción aplicados. Cuando la plantación es el resultado de:

- Una buena elección del material vegetal disponible.
- Situada en un lugar con un suelo y un clima adecuados.
- Si aplicamos unas prácticas de cultivo adecuadas, debemos esperar las máximas cosechas y el coste más bajo del kg producido.

Algunas de las operaciones anuales a realizar son: el riego, la poda, una buena fertilización, el manejo del suelo y la recolección entre otras.

4.2. Fertilización

El objetivo de la fertilización ha de ser que los arboles produzcan y a la vez se mantenga la fertilidad del suelo en un nivel satisfactorio. En la elaboración de un plan de abonado se tienen que considerar un conjunto de factores vinculados con la naturaleza del material vegetal (especies y variedades), las condiciones edafoclimáticas de la parcela y su modo de manejo. Este plan bien razonado permitirá sacar el mejor provecho de las potenciales del suelo y optimizar las aportaciones de abono para responder a las necesidades de la plantación y conseguir un rendimiento óptimo.

El conocimiento de la riqueza del suelo es la primera fase para la elaboración de un plan de abonado. Permite evaluar el estado químico de la parcela y decidir qué tipo de abono escoger para responder a las exigencias de la plantación tal y como hemos hecho en el anejo 4.

4.2.1. Aspectos generales

El plan de fertilización que se va a diseñar para la parcela en proyecto, va a consistir en una fertilización combinada entre abono mineral y abono orgánico en este caso estiércol de cerdo, que incrementara el nivel de materia orgánica del suelo, mejorara la fertilidad del suelo y aumentara la CIC y la concentración de elementos minerales. Con este abonado mixto se busca conseguir un aporte de nutrientes lo más completo posible y garantizará las necesidades minerales del cultivo para la producción esperada.

La fertilización orgánica viene motivada por la obligación de dar salida, a los estiércoles porcinos generados en un núcleo de 6.500 plazas. El promotor se encarga de la correcta gestión de los purines y la obligación de una adecuada aplicación en el suelo.

4.2.2. Necesidades nutricionales del almendro

Existen dos grupos principales de nutrientes, los macronutrientes por un lado y los micronutrientes. Ambos se van a describir con mayor profundidad.

Para el desarrollo de las plantas, estas necesitan agua, aire y nutrientes. Los nutrientes se diferencian principalmente en dos grupos:

- **Macronutrientes**
Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), los cuales están presentes en el tejido vegetal seco en concentraciones superiores a 1000 mg/kg (ppm).
- **Micronutrientes**
Hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), etc. Estos son necesarios para la planta a unas concentraciones inferiores a 500 mg/kg, pero interfieren en que el desarrollo de la planta sea el adecuado. En circunstancias de extrema escasez un microelemento puede adquirir mayor relevancia que un macroelemento.

4.2.2.1. Macronutrientes

Nitrógeno

El nitrógeno favorece el crecimiento y formación de la estructura del almendro, contribuyendo a una mejor fecundación e incremento de la capacidad de las hojas para la función clorofílica. Es el elemento fertilizante de mayor interés. Se ha comprobado que los almendros absorben el nitrógeno de forma más eficiente desde el inicio de vegetación hasta la caída de las hojas. El nitrógeno aplicado y absorbido durante el periodo vegetativo será el utilizado durante la floración y los primeros crecimientos de la primavera siguiente. De esta forma, debe aplicarse un 80 % después del inicio de primavera hasta apertura de cascara. Un 20 % desde floración hasta la expansión de hojas, deben ser aplicaciones frecuentes, de baja dosis en fertirrigación para asegurar la disponibilidad según la demanda del cultivo. Un 30% debe ser aplicado desde crecimiento del fruto hasta el endurecimiento de la cascara. En la fase de llenado de la pepita, aplicar el 30 % de nitrógeno de toda la campaña. Debemos ajustar la dosis total de nitrógeno en función del crecimiento del fruto y del potencial productivo. Por último, en la fase de apertura del mesocarpio hasta post cosecha, aplicaremos el 20% restante, esta aplicación nos influirá en la producción del año siguiente, debido a que el nitrógeno esta acumulado en raíces, ramas y tronco durante el reposo invernal y es movilizado en primavera. Las aplicaciones post cosecha debemos realizarlas unas dos semanas después de la cosecha (3).

Los abonos más frecuentes utilizados en fertirrigación son, nitrato (amónico, cálcico y potásico), urea y sulfato amónico. La forma nitratos es la mejor en primavera cuando las temperaturas del suelo todavía son frías, debido a que se encuentra disponible de forma inmediata

Potasio

El potasio es un elemento básico cuya principal misión es intervenir en la formación de almidón y en la fotosíntesis, dando tamaño peso y calidad al fruto. El consumo de potasio se ve

intensificado a partir de la floración, alcanzando las máximas necesidades durante el desarrollo y engorde del fruto. Su disponibilidad depende del pH, en nuestro caso con un pH neutro no tendremos problemas de disponibilidad. El almendro tiene bajos requerimientos de fósforo, pero esencial para el crecimiento de la planta y para el transporte energético y producción de carbohidratos. Las aplicaciones de fósforo se realizan durante el final de la floración hasta la mitad del desarrollo del fruto en post cosecha.

Para la fertirrigación se puede utilizar fosfato (mono amónico, mono potásico) y ácido fosfórico, tendremos especial atención de no mezclar con abonos de calcio para no provocar precipitados.

Fósforo

El fósforo es útil en todo proceso de floración y polinización, ayudando al desarrollo del sistema radicular y a la lignificación de las brotaciones. Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono y su papel como transportador y proveedor de energía es indispensable para el metabolismo celular. Determina la calidad y el tamaño del fruto después del cuajado. Con este elemento se tiene que tener cuidado en los suelos calizos, ya que tiene una retrogradación mayor pudiendo formar compuestos insolubles. Hay que prestar bastante atención a las relaciones potasio-magnesio y potasio-calcio ya que pueden crear antagonismos.

Para la fertirrigación se utilizan el nitrato y el sulfato potásico.

Magnesio

El magnesio está retenido en el suelo por el complejo arcillo-húmico, con menos fuerza que el potasio. Es un elemento esencial para la realización de la fotosíntesis y en consecuencia del estado sanitario y desarrollo de la planta. Tiene un papel importante en la producción de clorofila por lo que una deficiencia reduce la posibilidad de producir energía con resultado de menos crecimiento y desarrollo del fruto. Son raras las carencias en magnesio ya que los suelos tienen un contenido adecuado de sales magnéticas. En nuestro caso con el pH ligeramente alto no tendremos problemas.

Los abonos en fertirrigación son el nitrato y el sulfato de magnesio.

Calcio

La mayoría del calcio lo encontramos en hojas y en partes lignificadas, entre las que se encuentran las cáscaras, que contienen grandes cantidades de calcio. El calcio forma parte de

la constitución de las membranas celulares. Los suelos de la España oriental contienen grandes cantidades de caliza activa, en algunos casos constituye pues un problema por exceso y no por defecto. Solamente puede haber problemas carenciales de Calcio en suelos muy ácidos, que no es nuestro caso. Unos niveles adecuados de calcio en la planta incrementan la resistencia de hongos y patógenos.

El abono más utilizado en fertirrigación es el nitrato cálcico.

Azufre

El azufre está en el suelo en forma de ion sulfato con buena movilidad. Aunque es un elemento indispensable en el crecimiento del almendro es difícil encontrar estados carenciales, ya que el suelo suele estar bien dotado de este elemento. Además muchos de los fertilizantes y fitosanitarios lo contienen (sulfato amónico, superfosfato y demás abonos complejos).

4.2.2.2. Micronutrientes

Los micronutrientes zinc, manganeso, cobre, hierro, boro y molibdeno son necesarios en pequeñas cantidades para el desarrollo de las plantas ya que participan en las funciones esenciales de floración, respiración y fotosíntesis.

Hierro

El hierro en el suelo puede encontrarse en forma ferrosa (asimilada fácilmente por la planta) o en forma férrica (poco soluble). En las plantas es un elemento esencial para la formación del pigmento clorofílico, se asimila en forma ferrosa (Fe^{+2}) y en forma orgánica.

El hierro toma parte en los procesos respiratorios de la planta y contribuye a la formación de las proteínas. Los síntomas de su carencia se detectan en las hojas por perder su color verde (clorosis férrica). Primero amarillean las hojas entre los nervios conservando éstas su color verde, siendo las jóvenes las más afectadas. Los frutales consumen hierro en mucha cantidad, siendo uno de los elementos más importantes para un perfecto desarrollo de los frutos. Existen diferentes condiciones que provocan una deficiencia de hierro como puede ser la existencia de un pH elevado en el suelo, o que el suelo sea excesivamente calizo o excesivamente rico en fósforo.

Las deficiencias de hierro pueden ser tratadas con aplicaciones foliares de quelatos o aplicaciones de 4-5 kg de sulfato de hierro por 1000 litros de agua.

Zinc y manganeso

Se manifiestan deficiencias en suelos con alto contenido de carbonatos y suelos alcalinos que son muy habituales en las zonas áridas y semiáridas de muchas regiones donde se plantan almendros.

El zinc forma parte de diversas enzimas y auxinas de crecimiento. Por ello su falta causa mermas de crecimiento en los entre nudos y hojas pequeñas agrupadas en roseta. También, forma parte de la clorofila. Pueden aparecer carencias en suelos muy abonados con fósforo (por antagonismo con este elemento) y en suelos con pH muy alto donde el ion zinc es poco móvil. Por el contrario, en suelos muy ácidos puede aparecer toxicidad.

El manganeso, forma parte de algunas enzimas y juega un papel importante en la fotosíntesis.

El ion manganeso es bastante asimilable, pero a medida que el pH es mayor, este ion se oxida y forma iones trivalentes o tetravalentes que son inasimilables. Las carencias aparecen más frecuentemente en suelos muy ácidos donde el manganeso ha podido ser lixiviado y en suelos alcalinos o muy calizos.

Las aplicaciones de zinc se realizan en primavera durante la brotación y en post cosecha, utilizando sulfato de zinc. Para las carencias de manganeso se realizan aplicaciones foliares antes de la floración y durante en invierno. Los tratamientos pueden ser simultáneos y se pueden realizar simultáneamente. Destacar la necesidad de mayores aplicaciones de manganeso cuando se utiliza el portainjerto *Rootpac 20* como es nuestro caso.

Cobre

Muy raramente se necesitan aplicaciones específicas, la mayoría de las plantaciones presentan niveles adecuados, procedentes de las aplicaciones de fungicidas. El comportamiento de este ion es parecido al del zinc, por lo tanto es poco móvil y menos absorbible contra mayor es el pH. Igualmente existe un antagonismo con el fósforo.

Cloro

El almendro tiene unas necesidades muy pequeñas de este elemento. No obstante es un elemento esencial. El cloro lo suele aportar el agua de lluvia y los suelos están bien dotados de este elemento. El ion cloro es muy móvil. No obstante suele ser más normales los excesos por presencia de cloruros que los déficits.

Boro

Tiene un papel importante en la germinación de los tubos polínicos y su deficiencia afecta a la germinación del polen y a la formación de los frutos. Interviene en el transporte de azúcares y en la formación de membranas. Es un elemento poco móvil dentro del árbol, por lo que la sintomatología aparece frecuentemente localizada. Su carencia aparece más frecuentemente en los suelos o muy ácidos o muy básicos. Tanto la sequía prolongada como la humedad extrema favorecen las carencias.

Molibdeno

Su importancia se le da al hecho de que este elemento es indispensable para el metabolismo del nitrógeno. Al contrario que en casi todos los demás oligoelementos se asimila mejor en suelos con pH alto, de forma que en suelos básicos no habrá problemas carenciales para este elemento.

Tabla 2. Sintomatología principal de carencias en almendro (4).

Elemento	Época	Síntomas
Nitrógeno	Primavera Otoño	Difícil de diagnosticar con síntomas visuales Brotación reducida. Hojas pequeñas y pálidas Caída prematura de hojas
Fósforo	Rara	Hojas anormalmente oscuras que luego se vuelven pálidas y tiernas
Potasio	Verano	Hojas pálidas con puntas necróticas, en forma de proa de vikingo. Fruto pequeño
Zinc	Primavera	Puede aparecer en suelos muy estercolados Floración y desborre tardío. Polinización deficiente Hojas pequeñas y formando un penacho, con zonas cloróticas entre las venas Frutos pequeños
Boro	Primavera	Típica de suelos de textura ligera Necrosis y caída de hojas, con muerte de la parte terminal del brote Exudaciones gomosas de los frutos con caída generalizada al final de primavera
Hierro	Primavera	Asociado a suelos calizos. Hojas amarillas con nervios verdes
Magnesio	Verano	Aparece en suelos de pH muy bajo Hojas basales, especialmente en brotes vigorosos, con clorosis apical y marginal (V invertida), que posteriormente caen.
Manganeso	Primavera	Hojas pálidas con pequeñas zonas cloróticas concentradas junto a las venas principales
Cobre	Verano	Hojas terminales pálidas, que necrosan y luego caen Crecimiento débil de los brotes. Corteza de ramas y truncos oscura, rugosa y con gomosis

En la Tabla 2 podemos encontrar los principales síntomas, que se producen en el almendro a partir de las carencias de uno varios nutrientes. Nuestro principal objetivo es adelantarnos a visualizar carencias en hojas y brotes, realizando de manera periódica análisis foliares.

4.2.3. Extracciones del cultivo

Para realizar un buen plan de fertilización para nuestros arboles tenemos que conocer las extracciones de nutrientes que se producen. En la Tabla 3 se muestra los kg de macroelemento que necesitan los árboles para producir una tonelada de almendra con cascara.

Tabla 3. Extracciones medias e macro elementos por Tn de cascara.

Macronutrientes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
kg/t cascara	38	10	42	2,6	1,5

La planta necesita disponibles unos nutrientes u otros, dependiendo de la época vegetativa en la que se encuentre y su estado de desarrollo, Figura 10.

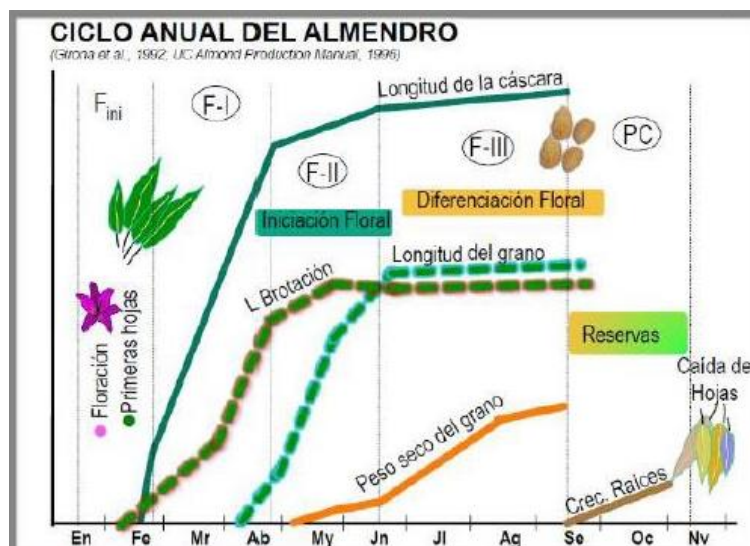


Figura 10. Ciclo anual del almendro.

Los requerimientos de macronutrientes N-P-K durante el ciclo para el cultivo del almendro se muestran en la Tabla 4, nos muestra cómo tiene que ser la distribución de los nutrientes para que el almendro tenga completa disponibilidad de los mismos cuando los necesite y pueda completar correctamente su desarrollo.

Tabla 4. Requerimientos nutricionales según estado fenológico y época del año (5).

Fases	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
1º Brotación - cuajado fruto	20	35	20
2º Cuajado - fin crecimiento brotes y frutos	50	55	70
3º Recolección - caída hoja	30	10	10

4.2.4. Enmienda orgánica pre-plantación

La materia orgánica de los suelos tiene la capacidad de retener nutrientes y ponerlos a disposición de los cultivos, disminuyendo lixiviaciones y bloqueos, lo que favorece la asimilación de los nutrientes minerales. Es decir, la materia orgánica es sinónimo de fertilidad de los suelos. Con la adición de enmiendas orgánicas además se mejoran las características físicas como porosidad, retención de agua, permeabilidad, etc. y se estimula la flora microbiana que a su vez facilita la transformación de los compuestos del suelo en nutrientes disponibles para los cultivos. Por lo tanto, el aporte de materia orgánica favorece la asimilación de los nutrientes minerales y como consecuencia, la eficiencia de la fertilización mineral.

Como se ha explicado en el Anejo 6, se va a realizar un abonado previo a la plantación para mantener unos niveles adecuados de materia orgánica. Nuestro suelo contiene un porcentaje de materia orgánica del 2,38 %, es correcto, como ya hemos visto en el Anejo 4, pero lo ideal para una plantación de estas características es alcanzar el 3 %. Para ello, se va a utilizar estiércol de ovino bien descompuesto procedente de explotaciones cercanas a la, plantación, con las siguientes características:

Tabla 5. Composición en kg/tonelada (3).

	Nitrógeno total	Fósforo (P_2O_5)	Potasio (K_2O)	Materia orgánica (MO)
Estiércol de oveja	8,5	2,3	6,7	320

El estercolado se va a realizar con un remolque esparcidor de 16 m³ con ejes verticales y posteriormente, se va a enterrar con la operación de subsolado y los pases de cultivador consiguiendo así, incorporar la enmienda orgánica. Aproximadamente se van a aplicar 60 toneladas por hectárea de estiércol. Una primera pasada el año anterior al establecimiento de la plantación con 20 toneladas/ha y otra de 40 toneladas el año que se pretende establecer la plantación.

El aporte de una enmienda orgánica, conlleva consigo un aporte mineral una vez se haya mineralizado. No obstante, la mineralización no es inmediata, considerándose de un 50% el primer año, un 35% el segundo y un 15% el tercero. La cantidad total de unidades fertilizantes que se liberan en cada uno de los tres años siguientes a su aplicación se expone en la Tabla 6.

Tabla 6. U.F. aportadas por el estiércol y su posterior mineralización en los 3 años siguientes.

	20 + 40 toneladas	Año 0	Año 1 (50 %)	Año 2 (35 %)	Año 3 (15 %)
N	510	170	170	120	50
P_2O_5	140	45	45	35	20
K_2O	400	135	130	95	40

4.2.5. Fertilización mineral

Es la cantidad de elementos minerales que se añaden en la fertilización. Por ello, se debe tener en cuenta la enmienda orgánica, ya que también aporta una cantidad importante de nutrientes minerales. Además la fertilización mineral de la plantación se divide en dos tipos, la fertilización de fondo y la de mantenimiento.

- Fertilización de fondo. Tiene como objetivo aumentar la concentración de elementos minerales del suelo, previamente a la implantación del cultivo, para permitir un buen desarrollo. Se deben aportar, únicamente, los elementos minerales necesarios para el cultivo que se encuentren en baja proporción. En el caso del suelo de la plantación, los análisis determinan que existe una concentración adecuada de elementos minerales, en especial P, K y Mg, existiendo una relación adecuada entre ambos, por lo que con el abonado orgánico será más que suficiente.
- Fertilización de mantenimiento. Su objetivo es restituir los elementos minerales extraídos por las plantas. Por lo tanto, se va a determinar en función de la producción del cultivo y será necesario realizarla todos los años. Para el correcto desarrollo de una plantación compuesta por árboles jóvenes en regadío como es nuestro caso, recomiendan el abonado de mantenimiento de la Tabla 7.

Tabla 7. Abonado de mantenimiento árboles jóvenes en regadío (6).

Edad del árbol	1 º	2 º	3º
Cantidad a portar (N- P_2O_5 - K_2O)	20-10-20	40-15-40	70-15-40

4.2.5.1. Balance del nitrógeno

El N es el elemento más importante en la fertilización del almendro, ya que es el extraído en mayores cantidades. Interviene en la mayoría de los procesos, es imprescindible en todas las fases de crecimiento, sobre todo desde al brotación hasta la madurez del fruto. Una correcta cantidad de N aumenta la longitud y número de brotes, el número de inflorescencias por brote, el número de flores fértiles por inflorescencia, y finalmente, el número de frutos cuajados, por lo que afecta de forma directa en la producción.

- Exportaciones

Las exportaciones están determinadas por el nitrógeno necesario para el crecimiento del árbol, el exportado por los frutos y la cubierta vegetal, y las pérdidas producidas por lixiviación y desnitrificación.

Nitrógeno necesario para el crecimiento del árbol.

El nitrógeno se acumula en las partes leñosas del árbol. Por lo tanto, cuanto mayor sea el vigor del árbol, mayores serán las necesidades requeridas para su crecimiento. Como las U.F., se calculan por hectárea, las aplicaciones dependerán del marco de plantación. Las necesidades según vigor y la densidad se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Acumulación anual de nitrógeno en partes leñosas.

Acumulación total de nitrógeno (kg/ha)	1000-2500 árboles/ha
Vigor bajo	50
Vigor medio	100
Vigor alto	150

En nuestro caso, la plantación que se va a realizar es de alta densidad, con unos árboles de combinación variedad-patrón de vigor bajo, por lo que las necesidades de nitrógeno para el crecimiento de los árboles será de 50 kg/ha.

Nitrógeno exportado en los frutos.

La cantidad de nitrógeno dependerá de la cuantía de la producción. Debido a que la producción varía con los años, ya que es creciente en los primeros años hasta alcanzar la plena producción en el 5º año, se muestra una tabla con la producción esperada en los distintos años. Para el cálculo de las exportaciones de los frutos hay un valor fijo y luego otro variable en función de la producción, siguiendo la fórmula $38 + 12,5 \text{ kg N/t de fruto con cáscara producido}$. La evolución de la producción se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 9 . Exportaciones de nitrógeno en la cosecha de los frutos.

	Producción de almendra con cáscara (t/ha)	Exportación fija (kg N/ha)	Exportación de N por tonelada producida (kg de N/t)	Exportación total de N (kg/ha)
Año 1	0	38	12,5	38
Año 2	1,8			60
Año 3	3,6			82
Año 4	6,2			115
Año 5	8			140
Año 6	9,2			150
Año 7	10			160

Nitrógeno exportado por la cubierta vegetal.

Se estima que las necesidades de nitrógeno para el establecimiento de la cubierta son de 50 kg de N/ha debido al buen abonado de fondo que tiene la parcela. Por ello, en nuestro caso se aportarán en la misma labor de siembra de la cubierta vegetal. En los años sucesivos, se considera que la cubierta retroalimenta su consumo al tratarse de una especie que fijadora nitrógeno ambiental. De esta manera, si se tiene en cuenta, que el primer año se va a realizar un laboreo, únicamente, se deberán aportar 50 kg/ha de N en el 2º año para la implantación de la cubierta vegetal.

Pérdidas

Se considera que se pierden 10 kg/ha de nitrógeno en los procesos de desnitrificación y lixiviación.

- Aportaciones

Las aportaciones a considerar, para luego poder determinar la fertilización, van a ser la mineralización de la materia orgánica y el N aportado en el agua de riego.

Mineralización de la materia orgánica.

Antes de realizarse la plantación, se va a aplicar un estercolado de oveja a razón de 60 t/ha, por lo que en los siguientes tres años, se irá mineralizando. Esta enmienda va a suponer una aportación de 250 kg N/ha el primer año, 180kg N/ha el segundo año y 80 kg N/ha el tercer año.

Agua de riego

Frecuentemente el agua de riego contiene cantidades apreciables de nitrógeno, por lo que se deberán tener en cuenta en la fertilización. Como se puede observar en el estudio de calidad del agua, éste contiene 11,41 mg/L de nitratos.

Por lo tanto, la cantidad de nitrógeno añadida con el agua de riego, depende de la dosis de riego aplicada, que se calculara en el anejo 8. Para calcular la cantidad de nitrógeno aplicada, en función de la dosis de riego se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_{\text{Agua}} = (N_t \cdot 11,41 \text{ mg N/l} \cdot 0,226) / 1000$$

siendo N_t las necesidades totales de riego

En la Tabla 10 se muestra la cantidad de nitrógeno aplicada en función de la dosis de riego utilizada.

Tabla 10. Nitrógeno aportado en el agua de riego.

	Agua de riego (m ³ /ha*año)	Aportaciones de N (kg/ha*año)
Año 1	1000	2,6
Año 2	2000	5,2
Año 3	3000	7,7
Año 4	4000	10,3
Año 5 y siguientes	5000	12,89

- Balance de nitrógeno

Para el cálculo del balance del nitrógeno se presenta la Tabla 11 con todas las pérdidas y ganancias anuales. La diferencia entre ambas, serán las necesidades netas (N_n) que se tendrán que aportar mediante la fertilización orgánica-mineral.

Tabla 11. Balance de nitrógeno.

Año	Exportaciones (kg N / ha)				Aportaciones (kg N/ha)		Nn de N (kg N/ha)
	Crecimiento del árbol	Producción de frutos	Crecimiento cubierta	Pérdidas	MO	Riego	
1	50	38	0	10	250	2,6	-155
2	50	60	50	10	180	5,2	-15
3	50	82	0	10	80	7,7	54
4	50	115	0	10	0	10,3	165
5 y siguientes	50	140	0	10	0	12,89	187

Durante los dos primeros años no será necesario realizar ninguna fertilización nitrogenada, ya que existe un superávit de este elemento. Será durante el tercer año cuando sea necesario aportarlo mediante fertilización mineral.

4.2.5.2. Balance del fósforo

Se trata de un elemento importante, aunque es extraído en menor cantidad que el nitrógeno y el potasio. Tiene gran importancia en la fase de crecimiento y formación de las raíces, acelera la maduración, a la vez que favorece la floración y cuajado. Es un elemento íntimamente ligado al nitrógeno, ya que una deficiencia muy acusada de fósforo, provoca carencias en otros elementos como nitrógeno, magnesio, calcio y boro.

- Exportaciones

Fósforo necesario para el crecimiento del árbol

En árboles de vigor bajo y alta densidad, se puede estimar que las necesidades para el crecimiento del árbol son de 12 kg P/ha.

Fósforo exportado por los frutos

Se estima, según diversos autores, que el almendro extrae una parte fija cifrada en 10 kg de P/ha y otra variable según la producción, de 6 kg de P/t de cosecha. El cálculo anual se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Exportaciones de fósforo en la cosecha de los frutos.

	Producción de almendra con cáscara (t/ha)	Exportación fija (kg P/ha)	Exportación de P por tonelada producida (kg de P/t)	Exportación total de P (kg/ha)
Año 1	0	10	6	10
Año 2	1,8			21
Año 3	3,6			32
Año 4	6,2			47
Año 5	8			58
Año 6	9,2			65
Año 7	10			70

Fósforo exportado por la cubierta

Al igual que para el caso del nitrógeno, únicamente se va a considerar la fertilización fosfática previa a la implantación de la cubierta, ya que se considera que una vez establecida, es capaz de retroalimentar su consumo. Se estima una fertilización de 20 kg de fósforo/ha.

- Aportaciones

Las aportaciones de fósforo provienen de la mineralización de la materia orgánica y el agua de riego.

Mineralización de la materia orgánica

Como se ha explicado, anteriormente la mineralización de la materia orgánica se estima que se va a producir en los tres siguientes años, aportando: 70 kg de P/ha el primer año, 50 kg de P/ha el segundo año y 20 kg de P/ha el tercer año.

- Balance del fosforo

Para su cálculo se presenta la Tabla 13 con todas las pérdidas y ganancias anuales. La diferencia entre ambas, serán las necesidades netas (Nn) que se tendrán que aportar mediante la fertilización mixta orgánica-mineral.

Tabla 13. Balance del fósforo.

Año	Exportaciones (kg P / ha)				Aportaciones (kg P/ha)		Nn de P (kg P/ha)
	Crecimiento del árbol	Producción de frutos	Crecimiento cubierta	Pérdidas	MO	Riego	
1	12	10	0	0	70	0	-48
2	12	21	20	0	50	0	3
3	12	32	0	0	20	0	24
4	12	47	0	0	0	0	60
5 y siguientes	12	58	0	0	0	0	70

Durante los dos primeros años existe no será necesario realizar fertilización fosfatada. A partir del tercer año, se deberá comenzar a fertilizar con fósforo.

4.2.5.3. Balance del potasio

Es el segundo elemento más importante, después del nitrógeno ya que interviene en procesos como el transporte de asimilados desde las hojas hasta otros órganos de la planta, como los frutos. También interviene en la acumulación de sustancias de reserva en la almendra y calidad de la misma. Provoca el aumento de resistencia a las heladas, ya que se produce un aumento de la concentración salina de los jugos celulares. Por último, presenta una mayor resistencia a parásitos y enfermedades.

- Exportaciones

Las exportaciones vienen determinadas por el crecimiento del árbol, las extracciones de los frutos y la cubierta.

Potasio necesario para el crecimiento del árbol

En árboles de vigor bajo y plantaciones de alta densidad, se estima que las necesidades de potasio para el crecimiento del árbol son de 45 kg de K/ha.

Potasio exportado por los frutos

Se estima que las exportaciones de potasio por los frutos son de un valor fijo de 42 kg K/ha más un valor que depende de la producción de 12,5 kg K/ha. Por lo tanto, dependerá de la producción obtenida. A continuación se expone en Tabla 14 las extracciones de potasio en función de la producción a lo largo de los años.

Tabla 14. Exportaciones de potasio en la cosecha de los frutos.

	Producción de almendra con cáscara (t/ha)	Exportación fija (kg K/ha)	Exportación de P por tonelada producida (kg de K/t)	Exportación total de K (kg/ha)
Año 1	0	42	12,5	42
Año 2	1,8			65
Año 3	3,6			87
Año 4	6,2			120
Año 5	8			142
Año 6	9,2			157
Año 7	10			167

Potasio extraído por la cubierta.

Únicamente se tiene en cuenta para la implantación de la cubierta, ya que una vez establecida, se considera que la propia cubierta es capaz de retroalimentar su consumo. Por ello, se estiman unas necesidades de 40 kg de K/ha previamente a su implantación, que coincidirá con el 2º año.

- Aportaciones

Mineralización de la materia orgánica

La mineralización de la materia orgánica se estima que va a producir de la siguientes demandas minerales: el primero año se van a liberar 200 kg/ha de potasio, el segundo 140 kg/ha de potasio y el tercero 60 kg/ha.

Agua de riego

Comprobando el análisis del agua de riego en el Anejo 5, se observa que cuenta con una concentración de potasio de 1,74 mg/L, por lo que se debe tener en cuenta en la fertilización potásica. Para hallar la concentración real de potasio se debe convertir a mg K/l de agua, según la siguiente ecuación:

$$K_2O_{\text{Agua}} = (Nt \cdot 1,74 \text{ mg K/l} \cdot 0,830) / 1000$$

Para conocer la aportación real de potasio en los diferentes años se elabora la siguiente tabla:

Tabla 15. Aporte de potasio a través del agua de riego.

	Agua de riego (m³/ha*año)	Aportaciones de K (kg/ha*año)
Año 1	1000	1,4
Año 2	2000	2,9
Año 3	3000	4,3
Año 4	4000	5,8
Año 5 y siguientes	5000	7,2

- Balance del potasio

Para su cálculo se presenta la Tabla 13 con todas las pérdidas y ganancias anuales. La diferencia entre ambas, serán las necesidades netas (Nn) que se tendrán que aportar mediante la fertilización mixta orgánica-mineral.

Tabla 16. Balance de potasio.

Año	Exportaciones (kg K / ha)				Aportaciones (kg K/ha)		Nn de K (kg K/ha)
	Crecimiento del árbol	Producción de frutos	Crecimiento cubierta	Pérdidas	MO	Riego	
1	45	42	0	0	200	1,4	-114
2	45	65	40	0	140	2,9	7
3	45	87	0	0	60	4,3	68
4	45	120	0	0	0	5,8	160
5 y siguientes	45	142	0	0	0	7,2	180

Durante los dos primeros años existe un superávit de potasio en el suelo, por lo que no será necesario realizar ninguna fertilización potásica. A partir del tercer año, se deberá comenzar a fertilizar con potasio.

4.2.6. Fertilización orgánica

Los purines contienen importantes nutrientes que usados como fertilizante mediante aplicación al suelo favorecen el crecimiento y rendimiento de los cultivos. No obstante, el contenido de nutrientes del purín es muy heterogéneo. Su composición de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) varía principalmente según la especie animal, el tipo de alimentación, tipo y estado de las instalaciones, el régimen de estabulación, la época de aplicación y el tiempo de permanencia en la fosa o balsa, entre muchos otros factores.

En nuestro caso, el promotor se encarga de la gestión del purín en una explotación porcina de cebo que cuenta con 6500 plazas. Según tablas del ministerio para una explotación de esas características se estima una producción de purín anual de 33.500 m³ /año, con un tiempo máximo de almacenamiento por normativa de 4 meses. Dos de los objetivos de este proyecto en curso son los siguientes:

- Fertilizar de manera orgánica la plantación, permitiendo una correcta gestión de los purines.
- Reducir al máximo las emisiones de amoníaco mediante sistemas de fertirrigación con purín al no entrar este en contacto con el aire.

El proceso de separación, comienza en la granja, donde la planta de separación nos permitirá separar la fracción líquida de la sólida (la instalación se explica en el Anejo 10), para que, una vez este separada, gracias a una cuba de 22 m³, podamos transportar la fracción líquida de la granja hasta la parcela en proyecto. Una vez en la parcela, la parte líquida se almacena en depósitos estancos instalados para ese fin. La parte sólida resultante del proceso de separación se acumula, en un estercolero instalado en la granja, colindante a la planta de separación. Por último cuando el promotor vea oportuno, procederá a la inyección de la parte líquida en la parcela mediante el sistema de fertirrigación que nos permite inyectar el purín en la línea del cultivo, reduciendo al máximo las emisiones de amoníaco. Mientras que la parte sólida se distribuirá por la parcela mediante un esparcidor de estiércol para el mantenimiento de la cubierta vegetal y la parte sobrante si utilizara para el abonado de parcelas destinadas al cultivo de cereales de invierno.

La aplicación de purines en los campos de cultivo está regulada por Decreto 53/2019, de 26 de marzo, del Gobierno de Aragón, por el que se regula la gestión de estiércoles y los procedimientos de acreditación y control (7). Antes de aplicar purín en la parcela, tenemos que conocer si nos encontramos dentro de un Recinto SIGPAC aptos para la aplicación de purines como fertilizante. Asociado a cada recinto se ha incorporado las dosis máximas que pueden ser aplicadas. Estas dosis máximas, de acuerdo al Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias, se han establecido inicialmente en 210 kg N/Ha/año como criterio general, salvo en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos y por extensión en espacios de la Red Natura 2000 donde se ha establecido en 170 kg N/Ha/año, u otras excepciones de aplicación (PORN, Planes de actuación, etc.). De esta forma, se asocia a cada recinto SIGPAC una cantidad de nitrógeno máxima que puede soportar en kg/año. En nuestro caso la parcela puede soportar hasta kg N/Ha/año al no estar dentro de una zona vulnerable.

4.2.6.1. Gestión del purín

Cuando el purín se utiliza como fertilizante, es necesario conocer previamente, el contenido de nutrientes (NPK) del mismo para realizar una correcta fertilización según las necesidades del cultivo. Para ello el primer paso, es homogeneizar la balsa que lo almacena para que todas las extracciones que se realicen sean lo más homogéneas posibles. Esta operación se realiza gracias a un 'batidor' de 7,20m accionado por un tractor con la toma de fuerza o cardan, como el que aparece en la Figura 11.



Figura 11. Batidor de purín accionado por un tractor de 135cv.

El siguiente paso, sería tomar una muestra de purín y analizarla en el laboratorio para conocer el contenido de nutrientes N-P-K. Comentar previamente, se tomaron tres muestras en tres fechas diferentes del año, destacar que la precipitación anual ha sido elevada por lo que el purín contiene un alto porcentaje de agua lo que disminuye notablemente la concentración de nutrientes por m^3 . Los informes del laboratorio se pueden ver en el apartado de **Error! Reference source not found.** con los que se ha elaborado la Tabla 17.

Tabla 17. Resultados de análisis muestras de purín y media.

Muestras (kg/m ³)	Nitrógeno kjeldahl	Nitrógeno amoniacal	Fosforo total (P ₂ O ₅)	Potasio total (K ₂ O)
Nº 1	2,69	1,92	0,15	1,72
Nº 2	2,97	2,23	0,31	3,34
Nº 3	3,17	2,46	0,42	2,64
Media	2,94	2,20	0,3	2,56

Para contrastar los resultados de nuestras muestras, se ha tomado como referencia la Tabla 18, para asegurarnos que todos los pasos se han realizado correctamente y los valores están dentro de los parámetros establecidos, dentro de la tabla nos centramos en los valores para cerdos de engorde que se corresponden con nuestro caso.

Tabla 18. Caracterización del purín de las explotaciones de porcino de Cataluña, según tipo de producción (8) .

	Engorde (nº: 123)			Cerdas (nº: 92)			Ciclo cerrado (nº:90)		
	media	Min	Max	media	Min	Max	media	Min	Max
N amoniacal (kg/m ³)	4,0	1,0	7,2	2,0	0,5	4,9	2,5	0,7	5,5
N total (kg/m ³)	5,9	1,2	9,8	2,6	0,6	6,4	3,5	0,9	7,5
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	3,2	0,2	13,6	1,7	0,1	9,4	2,2	0,1	10,0
K ₂ O (kg/m ³)	4,4	1,1	9,8	1,9	0,2	4,8	2,5	0,9	6,5
CE (mS/cm)	30,4	10,7	46,2	18,5	6,2	37,9	21,9	10,5	38,2

Podemos observar que los valores N-P-K están dentro de los valores mínimos y máximos. Para el nitrógeno tomamos el valor de nitrógeno amoniacal, por ser el parámetro que nos indica el valor más rápidamente asimilable por las plantas. Respecto al fosforo podemos comprobar como el valor es muy bajo acercándose al mínimo que nos indica la tabla de referencia, esto se debe a que el fosforo se acumula en el fondo de la balsa y si la toma de muestras no se realiza a continuación del batido del purín, vuela a asentarse en el fondo. Por último, el valor de potasio también se sitúa dentro de los entandares.

La formulación de nuestro purín en kg/m³ de (N-P-K) es 2,20-0,3-2,56. En una cuba de purín 22 m³, tendremos:

- 48,5 kg N - 7 kg P - 56 kg K

4.2.7. Programa de fertirrigación

La aplicación de los fertilizantes se va a realizar mediante fertirrigación, suministrando los abonos disueltos en el agua de riego. De esta manera, la planta recibe los nutrientes directamente en la raíz, lo que permite un aprovechamiento más rápido, sin la necesidad de que pase un tiempo para disolverse, como ocurre con los fertilizantes sólidos tradicionales y eliminando una labor necesaria para incorporarlos. Para llevar a cabo la fertirrigación, se precisa de un sistema de riego que garantice una alta uniformidad en la distribución. Además, permite un ahorro de fertilizante, ya que únicamente se aplica en el bulbo húmedo, que es el volumen de tierra explorado por las raíces del árbol.

Para la confección de un programa de fertirrigación es necesario conocer las necesidades del árbol a lo largo del año, lo que permitirá ajustar la fertilización a las necesidades concretas del cultivo. Para ello hay que subdividir las necesidades nutritivas de los árboles por periodos, dependiendo de la fenología del cultivo, tal como se expone en la Tabla 4. En riego localizado, la aplicación conjunta del agua de riego y los nutrientes (fertirrigación), permite fraccionar la cantidad total de nutrientes en 150-200 aportaciones durante la campaña.

Teóricamente el abonado recomendado para el almendro (kg/ha) de N-P-K es 80-30-120, en nuestro caso lo tenemos calculado con exactitud.

Para el cálculo de las necesidades de cada elemento nutritivo en cada período se muestra la Tabla 19, que empieza en el tercer año, ya que como se ha demostrado en el balance, sólo es necesaria la fertilización a partir del tercer año.

Tabla 19. Necesidades mensuales de nutrientes, expresadas en kg/ha.

Año	Nutriente	kg/ha anual	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
			Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	N	54	5	6	13	14	8	8
	P ₂ O ₅	24	4	4	6	7	2	3
	K ₂ O	68	7	7	24	24	3	4
4	N	165	16	17	41	41	16	17
	P ₂ O ₅	60	10	11	16	17	3	3
	K ₂ O	160	16	16	56	56	8	8
5 y siguientes	N	187	19	19	47	47	28	28
	P ₂ O ₅	70	12	12	19	19	3	4
	K ₂ O	180	18	18	63	63	9	9

Para la fertilización del cultivo se va a utilizar el estiércol porcino como fertilizante principal, debido a su disponibilidad y a la obligación de su correcta gestión. Este nos aportara el nitrógeno, con un contenido del 0,22% de nitrógeno amoniacal, además, el sistema de fertirrigación nos permite un fraccionamiento para un mayor aprovechamiento. El fósforo no puede ser aprovechado del estiércol porcino debido a que la mayor parte se queda en la fracción sólida que la eliminamos al separarlas , por tanto ,se va a aplicar con una solución de ácido fosfórico diluida al 75 %, con una riqueza del 52 % de P₂O₅. El potasio, también lo aportaremos mediante el estiércol porcino, que tiene una riqueza del 0,265%. Si fuera necesario se complementar la demanda de nitrógeno o la potasio usaríamos, una solución N32, con un contenido del 8% de nitrógeno nítrico, 8% de nitrógeno amoniacal y el 16% nitrógeno ureico, lo que permite un fraccionamiento en su aprovechamiento y para el potasio una solución , con una riqueza del 32 % de K₂O.

Para el cálculo de la cantidad de fertilizante, se muestra la Tabla 20.

Tabla 20. Aportaciones mensuales de fertilizantes, expresadas en kg/ha.

Año	Nutriente	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	N(purín)	5	6	13	14	8	8
	P ₂ O ₅ -52	8	8	11	14	4	6
	K ₂ O (purín)	7	7	24	24	3	4
4	N(purín)	16	17	41	41	16	17
	P ₂ O ₅ -52	19	21	31	33	6	5
	K ₂ O(purín)	16	16	56	56	8	8
5 y siguientes	N(purín)	19	19	47	47	28	28
	P ₂ O ₅ -52	23	23	36	37	6	8
	K ₂ O(purín)	18	18	63	63	9	9

En el caso del nitrógeno y del potasio utilizamos el purín, y mantenemos los kg/ha, para el fosforo calculamos la dosis con la riqueza del 52%. El purín también contiene fósforo, pero al ser una cantidad tan pequeña en nuestro caso no la tendremos en cuenta y usaremos fertilización mineral para cubrir su demanda.

Anejo 7: Plantación y proceso productivo

En la Tabla 20 se han calculado las necesidades de fertilizante en kg/ha, pero al tratarse de productos líquidos, se deben hallar las necesidades de volumen de cada fertilizante. Para ello, conociendo la densidad de cada fertilizante, $1.580 \text{ kg/m}^3 \text{ P}_2\text{O}_5$ se puede calcular la necesidad de caldo. En el caso del purín sabemos la cantidad de nutriente aportada en kg/m^3 de (N-P-K) es 2,20-0,3-2,56 por lo que si dividimos las necesidades de cultivo entre los kg/m^3 obtenemos los m^3 necesarios para satisfacer las necesidades del cultivo. Los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Necesidades de caldo (l/ha) de cada fertilizante.

Año	Nutriente	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	N (purín)	2.300	2.700	5.500	6.400	3.600	3.600
	P_2O_5 -52	5	5	7	9	5	8
	K_2O (purín)	2.700	2.700	9.400	9.400	1.200	1.600
4	N(purín)	7.300	7.700	18.600	18.600	7.300	7.700
	P_2O_5 -52	12	13	20	21	4	3
	K_2O (purín)	6.250	6.250	21.900	21.900	3.100	3.100
5 y siguientes	N(purín)	8.600	8.600	21.300	21.300	12.700	12.700
	P_2O_5 -52	14	15	23	23	4	5
	K_2O (purín)	7.000	7.000	24.600	24.600	3.500	3.500

El aporte de los nutrientes mediante el purín se hace de forma conjunta, por lo que al ser la demanda de nitrógeno, diferente a la del potasio, debemos quedarnos con la de menor cantidad (L) y complementar la más alta con abono mineral para satisfacer las necesidades de la planta.

Tabla 22. Calculo del déficit de cada nutriente, en litros.

Año	Nutriente (purín)	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	N	2.300	2.700	5.500	6.400	3.600	3.600
	K_2O	2.700	2.700	9.400	9.400	1.200	1.600
	Déficit	400 K_2O	-	3.900 K_2O	3.000 K_2O	2.400 N	2000 N
4	N	7.300	7.700	18.600	18.600	7.300	7.700
	K_2O	6.250	6.250	21.900	21.900	3.100	3.100
	Déficit	1.050 N	1.350 N	3.300 K_2O	3300 K_2O	4.200 N	4.600 N
5 y siguientes	N	8.600	8.600	21.300	21.300	12.700	12.700
	K_2O	7.000	7.000	24.600	24.600	3.500	3.500
	Déficit	1.600 N	1.600 N	3.300 K_2O	3.300 K_2O	9.200 N	9.200 N

En la siguiente tabla vamos a calcular las cantidades de abono mineral que debemos aportar en cada caso para suplir el déficit de purín. Para el nitrógeno usaremos nitrógeno N32, con un contenido del 8% de nitrógeno nítrico, 8% de nitrógeno amoniacal y el 16% nitrógeno ureico, lo que permite un fraccionamiento en su aprovechamiento. Para el déficit de potasio se usará una solución de riqueza 32 % de K_2O , como ya hemos comentado anteriormente.

Procedemos a calcular como ejemplo, el aporte mineral necesario durante el mes de abril del tercer año. Tenemos un déficit de 400 L K₂O, conociendo la riqueza de potasio que presenta nuestro purín (2,56), convertimos el dato en 1,02 kg K₂O. Por ultimo para conocer el aporte mineral necesario de la solución de K₂O con una riqueza del 32 %, se multiplica el déficit en kg por la riqueza dividida entre 100 y obtenemos los kg de abono mineral requeridos.

Tabla 23. Calculo del aporte mineral necesario en kg.

Año	Nutriente	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	Déficit N/K ₂ O (L)	400 K ₂ O	-	3.900 K ₂ O	3.000 K ₂ O	2.400 N	2000 N
	Déficit (kg)	1,02	-	10	7,7	5,3	4,4
	Aporte mineral (kg)	3,2	-	31,2	24	16,5	13,9
4	Déficit N/K ₂ O (L)	1.050 N	1.350 N	3.300 K ₂ O	3300 K ₂ O	4.200 N	4.600 N
	Déficit (kg)	2,3	3	8,5	8,5	9,3	10,2
	Aporte mineral (kg)	7,3	9,37	26,4	26,4	29,1	31,9
5 y siguientes	Déficit N/K ₂ O (L)	1.600 N	1.600 N	3.300 K ₂ O	3.300 K ₂ O	9.200 N	9.200 N
	Déficit (kg)	3,6	3,6	8,5	8,5	20,4	20,4
	Aporte mineral (kg)	11,1	11,1	26,4	26,4	63,8	63,8

En la Tabla 24, se muestra la cantidad de purín en litros, más los kilos de abono mineral necesarios para satisfacer las necesidades mensuales de la planta.

Tabla 24. Aportes de fertilizante mineral para suplir los déficits de nitrógeno y potasio.

Año	Aportes -Mineral (kg) -Purín (L)	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	N-32	3,2	-	-	-	16,5	13,9
	K-32	-	-	31,2	24	-	-
	Purín	2.300	2.700	5.500	6.400	1.200	1.600
4	N-32	7,3 kg	9,37	-	-	29,1	31,9
	K-32	-	-	26,4	26,4	-	-
	Purín	6.250	6.250	18.600	18.600	3.100	3.100
5 y siguientes	N-32	11,1	11,1	-	-	63,8	63,8
	K-32	-	-	26,4	26,4	-	-
	Purín	7.000	7.000	21.300	21.300	3.500	3.500

Como ya hemos comentado anteriormente, debemos calcular las demandas de fertilizantes en litros al tratarse de un plan de fertilización líquido, procedemos a transformar los aportes minerales de N y K₂O en litros, gracias a que conocemos las densidades de los fertilizantes utilizados: 1.320 kg/m³ N-32, y 1.150 kg/m³ K₂O calculamos la necesidad de caldo. Los litros de solución de fosforo ya los conocemos. Para ello hemos elaborado la Tabla 25.

Anejo 7: Plantación y proceso productivo

Tabla 25. Necesidades mensuales de la explotación expresadas en L/ha.

Año	Fertilizante	Total (L/ha)	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
			Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	N-32	25,4	2,4	-	-	-	12,5	10,5
	P-52	39	5	5	7	9	5	8
	K-32	48	-	-	27,1	20,9	-	-
	Purín	19.700	2.300	2700	5.500	6.400	1.200	1.600
4	N32	58,8	5,5	7,1	-	-	22	24,2
	P52	73	12	13	20	21	4	3
	K32	46	-	-	23	23	-	-
	Purín	55.900	6.250	6.250	18.600	18.600	3.100	3.100
5 y siguientes	N32	113,5	8,4	8,4	-	-	48,3	48,3
	P52	84	14	15	23	23	4	5
	K32	46	-	-	23	23	-	-
	Purín	63.600	7.000	7.000	21.300	21.300	3.500	3.500

Finalmente para conocer las necesidades de fertilizante totales de la explotación y diseñar el equipo de fertirrigación elaboramos la Tabla 26. En nuestro caso debemos satisfacer los requerimientos nutricionales de 23,3 ha. Para diseñar un manejo más eficiente y disponiendo de sitio para el almacenaje de los fertilizantes vamos a realizar el cálculo para 24 hectáreas.

Tabla 26. Necesidades fertilizantes de la explotación (24 ha), expresadas en litros.

Año	Fertilizante	Total (L)	Brotación y cuajado fruto		Cuajado y fin crecimiento brotes y frutos		Recolección y caída hoja	
			Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
3	N-32	610	58	-	-	-	300	252
	P-52	936	120	120	168	216	120	192
	K-32	1152	-	-	650,4	501,6	-	-
	Purín	472.800	55.200	64.800	132.000	153.600	28.800	38.400
4	N32	1411	132	170	-	-	528	581
	P52	1752	288	312	480	504	96	72
	K32	1104	-	-	552	552	-	-
	Purín	1.341.600	150.000	150.000	446.400	446.400	74.400	74.400
5 y siguientes	N32	2724	202	202	-	-	1160	1160
	P52	2016	336	360	552	552	96	120
	K32	1104	-	-	552	552	-	-
	Purín	1.526.400	168.000	168.000	511.200	511.200	84.000	84.000

Finalmente hacer hincapié, en la llamada fertilización Post-Cosecha, una vez finalizada la recolección, se debe realizar una correcta fertilización de la plantación, teniendo especial interés la aplicación de fósforo (promueve el desarrollo radicular), potasio (implicado en la regulación hídrica de la planta) y microelementos (muy importante añadir boro, pues juega un

papel fundamental en la diferenciación de yemas, la estimulación de la floración y en el cuajado del fruto). Además, se puede aprovechar para realizar una corrección de las posibles carencias que existan en la plantación. Esta fertilización se realizará mediante el sistema de fertirrigación.

4.2.8. Resumen fertilización

Previamente a la plantación se va a realizar una enmienda orgánica a base de estiércol de oveja bien descompuesto a razón de 20 + 40 t/ha. Se aprovecharán las labores de subsolado y pases de cultivador para su enterrado.

El total de la fertilización ya sea la mineral de mantenimiento de la plantación o los aportes de purín de cerdo se van a realizar, en su totalidad, mediante fertirrigación.

La instalación va a consistir en dos partes, por un lado, dos depósitos de 50 m³ para el almacenaje del purín ya separado y su posterior sistema de filtrado.

Por otra parte para el fertilizante mineral usaremos, para facilitar su dosificación y empleo se van a instalar cinco depósitos. Uno contendrá la solución de N-32, otro la solución de fósforo con una riqueza de del 52 %, otro una solución de potasio líquido con una concentración del 32 %, y los otros dos restantes para poder utilizar otro tipo de fertilizantes para control de carencias y albergar el ácido nítrico que limpiará los ramales de riego al final de cada campaña.

En la Figura 12, podemos ver uno de los dos depósitos encargados del almacenaje de la parte líquida del purín.



Figura 12. Deposito poliéster capacidad 50 m³.

Periódicamente, además de la fertilización mineral y la parte líquida del purín se realizaran aplicaciones de la parte sólida del purín con el objetivo mantener el nivel de materia orgánica del suelo. Se aplicaran gracias a un esparcidor de estiércol localizado. Como bien se ha calculado por el método del balance durante el primer y segundo año, no va a ser necesaria la fertilización mineral. A partir del 3º año, se requiere la aportación de fertilizantes de manera creciente hasta estabilizarse cuando el cultivo alcance la máxima producción, que se estima sea en a partir del quinto año.

4.2.9. Resultados análisis

 Centro Tecnológico Agropecuario Cinco Villas		INFORME DE ENSAYOS Nº: 200212-5 Rev.01			
DATOS MUESTRA: Fecha recepción: 07/02/20 Fecha inicio análisis: 07/02/20 Fecha fin análisis: 14/02/20 Entregado por: Iván Gómez Presentación: Bote de 100 mililitros Descripción: PURIN		DATOS CLIENTE: 000507 AGROPUR CENTRO GESTOR, S.L. Att: Iván Gómez Crespo Dirección: Pasaje Baleares nº 4, Oficina 4. 22004(Huesca)			
Código muestra	Referencia Cliente	Parámetro	Resultado	Unidades	Metodología
██████████	██████████	Nitrógeno kjeldahl	0,269	%	PT-FQ-PU-12
██████████	██████████	Nitrógeno amoniacal	0,192	%	PT-FQ-PU-11
██████████	██████████	Fósforo total (P ₂ O ₅)	0,015	%	PT-FQ-PU-06
██████████	██████████	Potasio total (K ₂ O)	0,172	%	PT-FQ-PU-09

Figura 13. Análisis muestra nº 1


 Centro Tecnológico Agropecuario Cinco Villas		INFORME DE ENSAYOS Nº: 200212-6 Rev.01			
DATOS MUESTRA: Fecha recepción: 07/02/20 Fecha inicio análisis: 07/02/20 Fecha fin análisis: 14/02/20 Entregado por: Iván Gómez Presentación: Bote de 100 mililitros Descripción: PURIN		DATOS CLIENTE: 000507 AGROPUR CENTRO GESTOR, S.L. Att: Iván Gómez Crespo Dirección: Pasaje Baleares nº 4, Oficina 4. 22004(Huesca)			
Código muestra	Referencia Cliente	Parámetro	Resultado	Unidades	Metodología
██████████	██████████	Nitrógeno kjeldahl	0,297	%	PT-FQ-PU-12
██████████	██████████	Nitrógeno amoniacal	0,223	%	PT-FQ-PU-11
██████████	██████████	Fósforo total (P ₂ O ₅)	0,031	%	PT-FQ-PU-06
██████████	██████████	Potasio total (K ₂ O)	0,334	%	PT-FQ-PU-09

Figura 14. Análisis muestra nº 2.


 Centro Tecnológico Agropecuario Cinco Villas		INFORME DE ENSAYOS Nº: 200212-1 Rev.01			
DATOS MUESTRA: Fecha recepción: 07/02/20 Fecha inicio análisis: 07/02/20 Fecha fin análisis: 14/02/20 Entregado por: Iván Gómez Presentación: Bote de 100 mililitros Descripción: PURIN		DATOS CLIENTE: 000507 AGROPUR CENTRO GESTOR, S.L. Att: Iván Gómez Crespo Dirección: Pasaje Baleares nº 4, Oficina 4. 22004(Huesca)			
Código muestra	Referencia Cliente	Parámetro	Resultado	Unidades	Metodología
██████████	██████████	Nitrógeno kjeldahl	0,317	%	PT-FQ-PU-12
██████████	██████████	Nitrógeno amoniacal	0,246	%	PT-FQ-PU-11
██████████	██████████	Fósforo total (P ₂ O ₅)	0,042	%	PT-FQ-PU-06
██████████	██████████	Potasio total (K ₂ O)	0,264	%	PT-FQ-PU-09

Figura 15. Análisis muestra nº 3.

4.3. Poda del almendro

4.3.1. Aspectos generales

El árbol del almendro produce sus frutos (las almendras) en las yemas de flor. Todas las yemas se encuentran situadas a lo largo del ramo en la axila de las hojas, de ahí el nombre de axilares, excepto a la del extremo que se denomina terminal o apical. Debajo de cada hoja se encuentran estas yemas laterales o axilares, flanqueadas por dos yemas de menor tamaño denominadas estipulares, si éstas acaban originando una flor su tamaño llega a ser equivalente al de la central. Las yemas que han evolucionado a yemas de flor, se denominan botones florales o botones. Las yemas de flor se producen por inducción e iniciación floral de yemas laterales de la vegetación en curso. Las flores que aparecen en una primavera determinada se han producido siempre por evolución de las yemas laterales de los ramos en crecimiento del verano anterior. Esta diferente capacidad y tendencia de las yemas laterales para evolucionar a flor es un hábito propio de cada variedad, que puede variar con la edad y las condiciones externas de clima y cultivo. Lo normal es que cada botón dé lugar en el momento de su apertura a una sola flor, pero en determinadas variedades existe una cierta proporción de botones que al abrirse dan lugar a dos flores, como es el caso frecuente en las variedades *Tuono*, *Guara* y otras, que presentarán almendras gemelas (9).

Si a un almendro se le practicara la no poda y creciese a su antojo en poco tiempo produciría sólo en las partes superiores y rápidamente disminuirá su productividad. La falta de luz afectaría a las ramas sombreadas anulando los ramilletes de mayo y defoliando dichas ramas. Es una especie exigente en luz, si se poda adecuadamente aumenta la iluminación, disminuye el riesgo de verse afectado por enfermedades fúngicas y produce más hidratos de carbono o asimilados que inciden directamente en la inducción floral de la campaña siguiente. Además, existe una competencia por esos asimilados entre las hojas y los frutos, si hay demasiado desarrollo vegetativo, lo normal es que haya una menor producción (9).

4.3.2. Criterios a valorar

Las intervenciones de poda vienen determinadas por el tipo de plantación establecida, de este modo, están ligadas a los siguientes factores:

- Diseño de plantación.
- Sistema de formación.
- Régimen y manejo del cultivo.
- Tamaño de las explotaciones.
- Características del material vegetal

En plantaciones en superintensivo, como la nuestra, estas intervenciones de poda serán fundamentales para mantener un buen estado vegetativo equilibrado con el productivo y para controlar el desarrollo vegetativo que pueda generar problemas de sombreamiento, reduciendo considerablemente la producción.

Nos encontramos en una parcela de tamaño considerable (23,3 ha) y dicha operación es una de las más costosas en cuanto a tiempo y recursos económicos empleados. Es muy importante haber escogido una variedad y sistema de formación que faciliten esta actividad, de modo, que podamos llegar a un grado alto de mecanización. El volumen de la copa de los árboles habrá

que acompañarlo con el potencial vegetativo y productivo del medio, de modo que para nuestro tipo de plantación que no hay factores limitantes en cuanto a agua y nutrientes, únicamente la luz, realizaremos podas mínimas que regulen este factor que puede condicionar la productividad.

Nuestro objetivo final es, una vez acabada la formación del seto, normalmente después de 3 hojas o campañas, las dimensiones finales deben ser 2,6-2,8 m de altura por 0,75 m de anchura. Estos valores se fijan procurando no dejar zonas oscuras en el seto, creando un seto súper eficiente, capaz de albergar flores en prácticamente todos los ramos al desarrollar plenamente la fotosíntesis, y con suficiente iluminación como para tener la mejor inducción floral. Además, se deberá tener especial cuidado en dejar los 70 cm inferiores del tronco limpios para favorecer el trabajo de recolección de las máquinas cabalgantes.

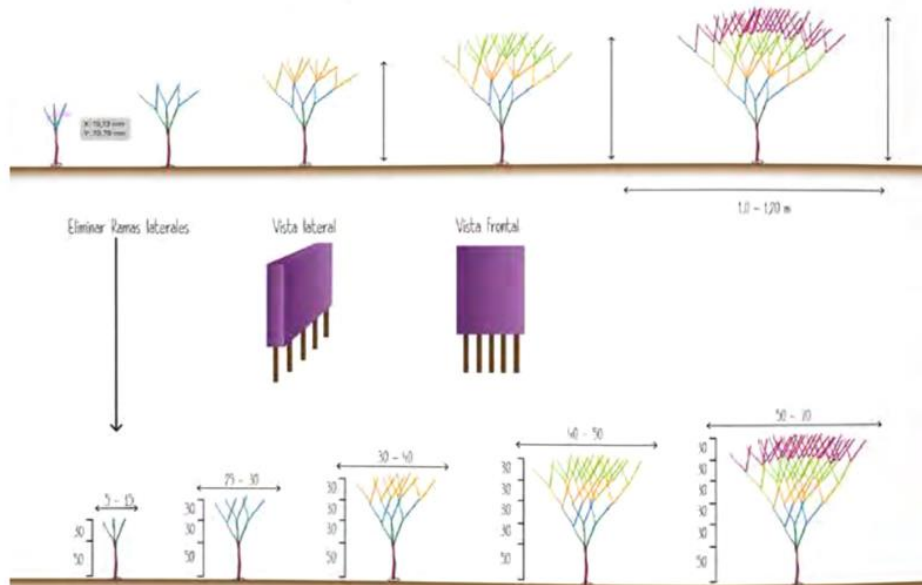


Figura 16. Poda de formación del almendro en superintensivo.

4.3.3. Tipos de poda

Según su finalidad podemos diferenciar entre poda de formación (durante el periodo juvenil, como formación de la estructura del árbol), poda de mantenimiento (durante el periodo productivo de la planta, a partir de su primera cosecha) y poda de renovación o rejuvenecimiento (se realiza una vez concluido el desarrollo del árbol para eliminar elementos viejos y agotados del árbol). Además, dependiendo de la época de realización de la poda diferenciamos entre:

- **Poda de invierno (poda en seco):** Se realiza durante el reposo invernal del árbol previamente a la brotación de las yemas, esto es, desde la caída de las hojas al desborre. La época más adecuada es en la última etapa del invierno, por lo que a partir de mediados de febrero suele ser la época más adecuada. Este tipo de poda se va a realizar de forma manual y va a ser muy leve. El objetivo de la misma es eliminar ramas no deseadas y facilitar la penetración de la luz en el interior del árbol. Esta poda no se va a realizar todos los años, ya que conlleva un elevado coste económico. Se van a realizar a partir del 5º año, y después cada tres años.

- Poda de verano (poda en verde): Se realiza durante el período de actividad vegetativa por lo que el árbol ya cuenta con hojas .Por ello, se denomina también poda en verde, y se suele efectuar a finales de la primavera, es decir, a finales del mes de mayo. Con esta poda se consigue limitar el desarrollo vegetativo y favorecer la iluminación de los frutos. La poda de verano es más debilitante que la de invierno.

4.3.3.1. *Poda de formación*

El tipo de planta que hemos colocado en nuestra parcela, el formato 'Smarttree', es una planta que ya viene despuntada del vivero, Figura 17. Una vez realizada la plantación se observará el crecimiento de las múltiples ramas y cuando estas alcancen una longitud de unos 30 cm se procederá a su despunte, frenando así su crecimiento y redirigiéndolo hacia las ramas con crecimiento lateral y hacia aquellas que están desarrollándose en la dirección de la misma línea de plantación. Se trata de despuntar las ramas generando ramificaciones justo debajo del corte. Estas ramificaciones emergentes, al tener una orientación menos vertical y un menor grosor albergarán yemas con una mayor inducción floral (en definitiva, se generarán ramitas susceptibles de producir almendras). Este despunte se debe hacer 8-10 cm más abajo del ápice de cada rama a cortar. No es del todo conveniente cortar un tramo de rama que suponga más de una tercera parte de la misma, podría provocar un estrés a la planta dando lugar a una parada vegetativa por un tiempo limitado.



Figura 17. Poda de formación de almendro en formato *Smarttree*.

La tendencia de crecimiento del árbol es en forma globosa, debido a los múltiples puntos de crecimiento. Se observa que el crecimiento en altura se ralentiza si comparamos con un seto guiado en eje, mientras que el espacio entre árboles se va llenando de vegetación más rápidamente al existir mayor número de ramas laterales en crecimiento. Debido a este crecimiento menor en altura, el centro de gravedad de los árboles es más bajo, aumentando su resistencia al viento. Se realizan despuntes laterales de forma mecánica con el objetivo de favorecer el crecimiento de las ramas hacia:

- La parte superior, ganando altura de la pared vegetativa.
- El espacio entre almendros, cerrándolo y evitando la excesiva forma globosa del árbol. Los crecimientos verticales también se despuntarán como se ha dicho anteriormente

cada 30 cm evitando ramas muy vigorosas y favoreciendo la emisión de nuevas ramificaciones laterales.

Los primeros despuntes se tendrán que hacer de forma manual para evitar que queden ramas sin cortar, posteriormente se puede realizar un *topping* mecanizado, Figura 18, para favorecer las ramificaciones y ralentizar el crecimiento vertical. La poda lateral es sencilla y no requiere una gran inversión de horas por hectárea (1– 1,30). Mediante esta poda conseguimos una pared estrecha y vertical de vegetación, con una anchura que irá aumentando desde los 50 cm hasta los 70 cm que puede considerarse la anchura máxima del seto (10).



Figura 18. Tractor realizando Topping con podadora de discos, marca ID (11).

- Se realizarán despuntes laterales a ambos costados. La periodicidad de los mismos dependerá de la velocidad de crecimiento que, a su vez, es función de la variedad, tipo de suelos, agua, fertilizantes, etc.

Una vez se obtiene la altura de la pared productiva a 2,6–2,8 m, se debe considerar la fase de formación finalizada y empezar la fase productiva con las podas laterales mecánicas. El seto formado se caracteriza por no tener ningún tipo de estructura, sin ningún eje central predominante. Estos despuntes se deben practicar en verde, ya que así las lateralizaciones que se generen tendrán menos vigor, menos verticalidad, y por tanto serán más susceptibles de acabar albergando flores (9).

4.3.3.2. *Poda de producción o mantenimiento.*

Una vez formado el seto de vegetación, la poda durante el periodo productivo busca básicamente los siguientes objetivos:

- Mantener una superficie foliar expuesta eficiente y activa para desarrollar el máximo potencial productivo.
- Conseguir un balance equilibrado entre el crecimiento vegetativo y la producción.
- Facilitar el trabajo de las máquinas cabalgantes de recolección.

Con la poda debe regularse la anchura de este seto de vegetación hasta una distancia no superior a los 35 cm a cada uno de los lados del eje del almendro. Con ello conseguiremos mejorar las condiciones de iluminación y aireación del seto, creando un microclima que facilitará la fructificación, la resistencia a las enfermedades, la renovación de las yemas productivas, y el balance energético de la plantación. Si la anchura es demasiado grande,

progresivamente se va creando en el interior del seto una estructura envejecida, poco activa fotosintéticamente, que disminuye la eficiencia productiva de la plantación. Esta labor la podremos practicar después de cosecha, bien entrado el otoño, cuando los árboles hayan acabado de practicar la fotosíntesis y se hayan provisto de reservas suficientes para la siguiente floración, esto coincide con la pérdida de hojas. Se practicará en todas las caras, para mantener la anchura de 70 cm.

Todos estos conceptos se complementan con la utilización del portainjerto Rootpac-20, que nos proporciona poco vigor, especialmente a partir de su primera cosecha, superada la fase juvenil (3 hojas), generando un seto muy equilibrado con poca tendencia a crecimientos vigorosos pero con una gran capacidad de producción. La mayor densidad de frutos por metro cúbico de seto que es la base del sistema más eficiente que existe para la producción de almendras.

4.3.4. Maquinaria de poda

El objetivo principal de esta operación es llegar a la mecanización completa. A partir del tercer año, únicamente será necesario disponer de una podadora mecánica, la cual deberá ejecutar cortes lo más limpios posibles. En el mercado existen diferentes tipos de podadoras mecánicas, como las de cuchilla o discos. La podadora de cuchilla se trata de un peine fijo con dientes sobre el que va otro móvil con dientes y en el momento que se cruzan, se ejerce el corte. La podadora de discos únicamente consta de discos dentados cortantes que al girar producen el corte. En este caso, se va a utilizar una podadora de discos, Figura 19, ya que se considera que produce un corte más limpio sobre las ramas.



Figura 19. Podadora de discos , marca Industrias David (11).

No obstante, también se necesitará adquirir unas tijeras neumáticas para realizar leves intervenciones de poda durante los dos primeros años. Además, a partir de séptimo año también se deberá realizar aclareo sobre la mayoría de los árboles para controlar ramificaciones no deseadas, que no se puedan eliminar con la poda mecánica.

4.3.5. Resumen operaciones de poda

Las operaciones de poda se van a efectuar desde la entrada en producción del árbol, es decir, a partir del 2º año. Se pueden ver resumidas en la Tabla 27.

Tabla 27. Resumen operaciones de poda.

Orden	Época	Descripción	Frecuencia
1	Principios de junio	Poda mecánica en verde - Corte lateral	Anual después del 2º año.
2	Principios de junio	Poda mecánica en verde - Topping	Anual después del 2º año.
3	Después de recolección (Septiembre)	Corte lateral y topping	Anual después del 2º año.
Sin orden	Antes de floración (Marzo)	Poda manual en seco de aclareo	A partir del 5º año y después cada 2-3 años

Inmediatamente después de la realización de ambos tipos de poda, es conveniente tratar con un producto fúngico con el fin de desinfectar las heridas de poda como prevención de entrada a posibles enfermedades, sobretodo de carácter fúngico.

4.4. Mantenimiento del suelo

El sistema de mantenimiento del suelo de la plantación va a ser mixto, tanto en el espacio como en el tiempo. En el tiempo porque el primer año se va a realizar un manejo distinto a los sucesivos y en el espacio porque se van a aplicar dos técnicas diferentes en zonas diferenciadas de la plantación.

El primer año se va a realizar laboreo en las calles, aplicando herbicida en las líneas de cultivo. El resto de los años se va a implantar una cubierta vegetal permanente en las calles y se realizará un control químico de la vegetación adventicia en las líneas de cultivo. Para el control mecánico de las hierbas infestantes ya sea mediante siega o laboreo, se hace una diferenciación en función de la edad de la plantación. Diferenciando entre:

4.4.1. Mantenimiento del suelo el primer año

Para el mantenimiento del primer año, se va a realizar laboreo en las calles y un tratamiento químico mediante herbicida en las líneas de cultivo. Se calcula que van a ser necesarias tres intervenciones a lo largo del año. La primera se efectuará a finales de mayo, antes del plantado, para eliminar la posible competencia de las hierbas adventicias con el establecimiento de la plantación. La segunda se realizará a mediados de noviembre para eliminar las adventicias emergidas durante las lluvias otoñales y el tercer pase se realizará en abril. Realizaremos el laboreo de las calles y el tratamiento herbicida de las líneas de cultivo, en dos pases alternos, ya que son dos intervenciones diferenciadas. Para reducir, en la medida de lo posible, la compactación con el paso de la maquinaria, se realizará primero el tratamiento herbicida de las líneas de cultivo, seguido de laboreo de las calles y nunca se accederá a las calles hasta pasados 3 o 4 días después de una lluvia para evitar exceso de compactación con la maquinaria.

4.4.2. Mantenimiento del suelo a partir del segundo año

La primera operación será la implantación de la cubierta vegetal permanente. En nuestro caso la especie elegida para la cubierta vegetal es la esparceta o pipirigallo (*Onobrychis viciifolia*), es una leguminosa forrajera perenne tradicional de las regiones semiáridas y de altitud superior a 600 metros (12). Nos hemos decantado por ella al ser una especie rustica y por las siguientes cualidades:

- Es una planta regeneradora de la fertilidad del suelo, debido a su capacidad para fijar el nitrógeno del aire, que le permite prescindir de los abonos nitrogenados y enriquecer el suelo.
- Desarrolla una raíz pivotante que posibilita la incorporación de materia orgánica en los niveles inferiores del suelo.
- Presenta un crecimiento lento, por lo que se necesitaran pocos cortes y no encarecerá el mantenimiento.

El cultivo tiene una persistencia de tres a cinco años. Puede sembrarse en otoño o primavera, aunque en zonas frías o de montaña se siembra en primavera para evitar las heladas durante la nascencia. La dosis media de semilla utilizada es de 100-125 kilos por hectárea. La preparación del suelo se lleva a cabo mediante labores de volteo o subsolado para favorecer la penetración de las raíces.

En nuestro con el terreno correctamente preparado procederemos a su siembra a finales de febrero aprovechando las lluvias primaverales. Para ello utilizaremos una sembradora de 2,70 metros, Figura 20, debido a que su anchura se adapta bien a nuestras calles. La dosis de siembra será de 100 kg/ha que es la indicada por los expertos.



Figura 20. Sembradora de 2,70 metros con rastra de enterrado.

Está cubierta vegetal necesitara una cantidad de fertilizante y riego que ha sido calculada en los respectivos Anejos de este proyecto. Para su control una vez establecida, se va a realizar siega mecánica en las calles. Esta labor se realizará con una segadora trasera de tambor marca Deutz de 2,70 m. La siega se realizará fundamentalmente durante el periodo de competencia con la planta en primavera y verano, dejando que se desarrolle hasta la salida del invierno. Prestar atención a las heladas primaverales para mantenerla lo más corta posible. Se busca una altura no superior a 30 cm. La hierba cortada se quedara en el suelo practicando la técnica 'mulch'.

Se calcula que van a ser necesarias dos intervenciones a lo largo del año. La primera intervención se va a realizar a primeros de abril, con el fin de reducir, en la medida de lo posible, las heladas primaverales por irradiación, el año de siembra de la cubierta, no la segaremos en esta época debido a su reducido tamaño. La segunda intervención se va a realizar a mediados de julio, que será suficiente para mantener la cubierta perfectamente controlada. Al igual que en el caso anterior, cada intervención se va a realizar con un equipo diferente, por lo que será necesario dar un pase para la siega de las calles y, a continuación,

otro para el tratamiento herbicida de las líneas de cultivo. Si fuera necesario se realizaría un tercer pase para el control de las líneas de cultivo a mediados de octubre.

El tratamiento herbicida de las líneas de los árboles se realizará justo debajo de la proyección de la copa de los árboles para reducir, en la medida de lo posible, competencias entre el árbol y la cubierta. De esta manera, se tratará en cada línea de cultivo una franja del orden de 1,20 m de anchura. Para su tratamiento se dispondrá de un pulverizador hidráulico dotado de dos ramales, permitiendo así un tratamiento simultáneo de dos líneas de árboles. Cada ramal contará con dos boquillas que serán capaces de abarcar media línea de árboles, es decir, 0,60 m. Además, estarán protegidas por una campana que evitará que el tratamiento herbicida entre en contacto con la copa de los árboles. El herbicida utilizado será Glifosato 36 % a una dosis de 3 l/ha.

4.4.3. Resumen del mantenimiento

En la Tabla 28, se han resumido las operaciones de mantenimiento del suelo. Evidentemente, las fechas son orientativas y están sujetas a cambios, ya que las necesidades de mantenimiento del suelo dependerán de los factores climáticos de cada año.

Tabla 28. Calendario de operaciones para el mantenimiento del suelo a partir del 2º año.

Fecha	Actividad
20 – 28 febrero	Siembra Cubierta Vegetal
1-15 Abril	Siega mecánica de las calles
1-15 Abril	Tratamiento herbicida líneas de cultivo
1 -15 Julio	Siega mecánica de las calles
1-15 Julio	Tratamiento herbicida líneas de cultivo
15 Octubre	Tratamiento herbicida líneas de cultivo

4.5. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades es un reto importante en el cultivo del almendro ya que su expansión se está produciendo en zonas fértiles, que con la adecuación del riego y un correcto abonado, además de la intensificación del cultivo y la obtención de nuevas variedades, más productivas y menos susceptibles de ser afectadas por las heladas primaverales, han producido un empuje a la productividad del cultivo.

Sin embargo, durante la intensificación de cualquier cultivo, se produce al mismo tiempo, un incremento de los problemas fitosanitarios. Ello se debe a que, al densificarse el cultivo, se facilita la transmisión de enfermedades y plagas entre unos árboles y otros, a la vez que se reduce la biodiversidad del ecosistema, por lo que se hace mucho más vulnerable al ataque de cualquier plaga. Por este motivo, en este tipo de plantaciones se deberán realizar tratamientos fitosanitarios con mayor frecuencia que en un sistema de cultivo tradicional.

Para su control seguiremos la guía de Gestión Integrada de Plagas (GIP), que tiene como finalidad servir de orientación a agricultores y asesores para conseguir implantar los principios de gestión integrada de plagas en toda la producción agrícola nacional, uno de los requisitos para todas las explotaciones agrícolas que desarrollen su actividad en España, según el Capítulo III del Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios.

No obstante, la defensa sanitaria deberá ser lo más respetuosa con el medio ambiente, por lo que se realizarán los tratamientos en el momento más crítico, es decir, se debe determinar el momento más oportuno de tratamiento de una plaga, así como el producto más efectivo. Esto va a significar utilizar el producto más respetuoso con el medio ambiente, a la mínima dosis posible y con una elevada eficacia. Además, también se debe tener en cuenta la necesidad real de la intervención, es decir, se intervendrá solamente en caso que se estime que los daños que pueda ocasionar la plaga van a ser superiores al coste de las medidas de control.

4.5.1. Principales plagas

Llamamos plagas a los patógenos que producen daños en los cultivos dependiendo del umbral de la población del mismo, pero que no son parásitos del árbol, aun que pueden ocasionar cuantiosos daños al cultivo.

Las plagas más comunes que afectan al almendro son los pulgones (áfidos), mosquitos, arañas (ácaros), orugas y gusanos, la mayoría de ellos pertenecientes a distintos órdenes del reino animal: hemípteros (falso tigre, arañas amarilla y roja); Homópteros (mosquito verde, pulgones verde y negro); lepidópteros (anarsia y oruguetas) y, por último, los coleópteros (gusano cabezudo y barrenillo).

4.5.1.1. Falso tigre (*Monosteira unicastata* Mulsant & Rey)

Se trata de una chinche pequeña de entre 2,5 mm, difícil de apreciar en árbol, de color pardo amarillento listados marrones. Los daños son visibles pues al ser un insecto chupador, las picaduras en el envés de la hoja producen una especie de mosaico amarillo blanquecino por el haz. En el envés de la hoja se pueden apreciar unos puntitos negros que son los excrementos de los insectos y dificulta la fotosíntesis a la planta.

El invierno suele pasarlo en la corteza del almendro y en las hojas secas, apareciendo en primavera. En las regiones frías tiene dos generaciones de insectos, mientras que en las cálidas puede llegar a tres. Los ataques fuertes comienzan a producirse en la entrada del verano.

Si el ataque continúa, las hojas se vuelven amarillas y caen, provocando un déficit en la actividad vegetativa con el consiguiente parón en el crecimiento del árbol y bajada de los rendimientos en la producción.

- Control:

La plaga se ve favorecida por un exceso de fertilización nitrogenada y alta densidad de la vegetación. Mantener la copa de los árboles ventilada. Para intervenir, el umbral de incidencia sea superior al 10 % de brotes ocupados con formas vivas y en fincas donde el año anterior ha habido una fuerte afectación puede realizarse a partir de un 5 %. El momento más adecuado para efectuar el tratamiento es en primavera, después del nacimiento de la primera generación.

4.5.1.2. Mosquito verde (*Asymmetrasca decedens* Paoli)

Es una plaga muy frecuente en árboles en producción y especialmente en árboles en formación, también en planta de vivero donde produce defoliaciones. Los adultos son de un tamaño de 3,5 mm, con un cuerpo alargado y delgado de color verde fosforescente. Los huevos tienen forma alargada de 0,7mm de longitud.

Los adultos aparecen en el cultivo hacia febrero, coincidiendo con el inicio de la brotación. Los daños suelen aparecer en los meses de julio y agosto ya que el calor favorece su desarrollo. Estos insectos se alimentan succionando savia del floema en los nervios principales. Ataca sobre todo hojas tiernas provocando un decaimiento de la vegetación y amarilleamiento de los bordes y una posterior necrosis.

-Control:

El control se debe hacer en viveros y en árboles en formación con un umbral de tratamiento de 2-3 ninfas por brote. En árboles adultos, el control debe hacerse cuando hay una subida de población de ninfas hacia la primera quincena de junio. Aunque en el almendro adulto no se ha determinado el umbral de tratamiento en las plantas jóvenes se debe intervenir a los primeros síntomas de enrollamiento de la hoja.

4.5.1.3. Pulgones verdes (*Myzus persicae* Sulz y *Myzurs varians* Davidson)

Es el áfido más importante del almendro, muchos de ellos son polípagos. Los adultos tienen una longitud de 2,5 mm, son de color verde-amarillo. Producen cera y las hormigas se ven atraídas por esta. Suelen atacar a los brotes más jóvenes y las hojas dando lugar a enrollamientos y deformaciones, los brotes se desarrollan mal y sus entrenudos quedan muy cortos. Si el ataque es muy fuerte puede dar lugar a deformaciones. Los síntomas aparecen en abril-mayo y los pulgones se localizan en el envés de la hoja.

-Control:

En variedades de floración tardía, se controlará hasta prefloración (botón rosa). Existen enemigos naturales como las mariquitas. El umbral de tratamiento se sitúa en 5% de los brotes afectados.

- Tratamiento preventivo con aceite de invierno.
- El tratamiento más adecuado es el que se realiza en el momento de la floración, al aparecer los primeros individuos. Se recomienda alternar las materias activas para evitar la aparición de resistencias.

4.5.1.4. *Panonychus ulmi* Koch, *araña roja*, y *Tetranychus urticae* Koch, *araña amarilla*

Pertenecen a la especie de los ácaros, la amarilla se sitúa en el envés de las hojas y la roja se localiza en las dos caras. Los adultos miden 0,5 mm, su cuerpo es muy transparente. Su color varía con la planta huésped, edad del ácaro, la época del año.

El síntoma que muestra la hoja tras su ataque es una leve decoloración, como si tuviera polvillo. Las arañas poseen unos estiletes que perforan la hoja para su alimentación. La hoja en esta situación, pierde todo el potencial fotosintético, por lo que habrá un retraso en el crecimiento de la planta. Los ataques más graves se pueden encontrar en plantones pequeños en los primeros años de crecimiento.

- Control:

- Realizar seguimientos frecuentes, con el fin de detectar la presencia de la plaga en la plantación y el estado de desarrollo en que se encuentra.
- Eliminar plantas huésped alternativas (malas hierbas y restos de cultivo, controlar el abonado nitrogenado).
- Los enemigos naturales son el coleóptero *Sterthorus punctillum*.

- Tratamientos con aceites parafínicos o compuestos azufrados justo antes de la eclosión de los huevos, poco antes del desborre. Al final de la eclosión de todos los huevos, en mayo, se pueden utilizar acaricidas autorizados.

4.5.1.5. Gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*)

Es un escarabajo que afecta sobre todo árboles en seco, asociado a condiciones de poca agua y suelos arenosos. Los adultos tienen 20 mm y las hembras 30 mm, de color negro mate. Los huevos son de color blanco lechoso y las larvas miden 70 mm, muy grandes y de color blanco amarillento.

El adulto ataca a mediados de Julio, produciendo defoliaciones en las brotaciones, debido a que se alimenta de hojas más o menos tiernas royendo también los ramos jóvenes.

El daño más grave lo producen las larvas ya que destruyen las raíces. Los árboles atacados por las larvas quedan debilitados y pueden llegar a secarse cuando el número de larvas que excavan galerías en las raíces limita la circulación de savia.

- Control:

Es muy importante la detección precoz del problema, los momentos más adecuados para tratar son cuando los adultos invernantes salen de sus refugios, desde mayo hasta la iniciación de la puesta, cuando salgan los nuevos adultos, a partir de agosto y antes de que las larvas neonatas se entierren para introducirse en las raíces.

- Espolvoreo o pulverización en un círculo de 50 cm alrededor del tronco

4.5.2. Enfermedades

Detectamos una enfermedad cuando los patógenos causantes del daño parasitan al árbol y necesitan vivir en simbiosis con el mismo. Las enfermedades más comunes son las causadas por nematodos, bacterias, y las causadas por hongos. Todas dependiendo del agente patógeno, afectan más o menos a la planta. En el Anejo 6, hemos contrastado la resistencia o sensibilidad de nuestra planta (variedad-patrón) a las principales enfermedades que afectan al almendro, intentando elegir el conjunto de planta más resistente posible, para reducir notablemente el número de tratamientos y afecciones.

Podemos dividir las enfermedades dependiendo del lugar de afección sobre la planta y según su agente causal, Figura 21.

Anejo 7: Plantación y proceso productivo

Enfermedad	Agente causal
Micosis aéreas	
Moniliosis	<i>Monilinia laxa</i>
Mancha ocre	<i>Polystigma amygdalinum</i>
Cribado	<i>Thyrostoma carpophilum</i>
Lepra	<i>Taphrina deformans</i>
Roya	<i>Tranzschelia discolor</i> f. sp. <i>dulcis</i>
Antracnosis	<i>Colletotrichum acutatum sensu lato</i>
Chancro o seca de los ramos	<i>Diaporthe (Phomopsis) amygdali</i>
Podredumbres de postcosecha	<i>Alternaria, Aspergillus, Cladosporium, Fusarium, Penicillium, Rhizopus, etc.</i>
Micosis radicales	
Verticilosis	<i>Verticillium dahliae</i>
Podredumbre de raíces finas	<i>Phytophthora</i> spp.
Podredumbre de raíces leñosas	<i>Armillaria mellea, Rosellinia necatrix</i>
Bacteriosis y Fitoplasmosis	
Tumor o agalla del cuello de las rosáceas	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Mancha bacteriana de los frutales de hueso	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i> ¹
Chamuscado, Escaldado o Decaimiento	<i>Xylella fastidiosa</i> ²
Amarillez de los frutales de hueso	" <i>Candidatus</i> " <i>Phytoplasma prunorum</i> ³
Virosis	
Anillos necróticos de los Prunus	Prunus necrotic ringspot virus (PNRSV) ³
Enanismo del ciruelo	Prune dwarf virus (PDV) ³
Mosaico del manzano	Apple mosaic virus (ApMV) ³
Nematodos	
Nódulos o agallas radicales	<i>Meloidogyne</i> spp.
Lesiones radicales	<i>Pratylenchus</i> spp.

Figura 21. Relación de enfermedades del almendro dependiendo del agente causal (13).

4.5.2.1. *Enfermedades de raíces: nematodos.*

Agallas causadas por *Meloidogyne* spp y heridas causadas por *Pratylenchus* spp.

El síntoma más característico se encuentra en las raíces donde se forman agallas o nódulos. Reducen notablemente la capacidad de absorción de la planta a través del sistema radicular.

- Elegir patrones resistentes a nematodos agalladores y lesionadores.
- Actualmente no hay control químico disponible.

4.5.2.2. *Enfermedades de cuello: bacterias.*

Agallas o tumores causados por *Agrobacterium* spp.

Está considerada como una de las bacterias fitopatógenas más importantes, creando problemas en vivero y cultivos frutales. Sobrevive en el suelo durante varios años.

El síntoma más característico es la formación de tumores en cuello y raíces. En planta se observa un menor desarrollo, además de hojas pequeñas y cloróticas.

-Control:

- Vigilancia extrema en vivero, siempre usar material vegetal sano.
- No poner patrones sensibles, debido a que no hay control químico.

4.5.2.3. Enfermedades de brotes y ramas: bacterias.

Chamuscado o escaldado causado por *Xylella fastidiosa* Wells.

El agente causal de esta enfermedad es la bacteria *Xylella fastidiosa*, que está considerada organismo nocivo de cuarentena en la Unión Europea.

Los síntomas pueden variar, pero son fácilmente confundibles con falta de agua, salinidad, exceso de nutrientes, por lo que resulta imprescindible la realización de un análisis en el laboratorio para un diagnóstico fiable. Se observa marchitez y decaimiento generalizado, incluso secado de hojas, ramas o muerte de la planta.

-Control:

- El control químico de la bacteria mediante antibióticos no es posible, la principal medida es la prevención, debiendo extremar precauciones en el comercio del material vegetal.
- Adquirir las plantas solamente en viveros autorizados, exigiendo el pasaporte fitosanitario para aquellas especies en cuarentena.

Macha bacteriana causado por *Xanthomonas arboricola* pv. *Pruni*.

Esta enfermedad es producida por una bacteria identificada como *Xanthomonas arboricola* pv. *Pruni*, que se encuentra considerada como un organismo de cuarentena en la Unión Europea. La diseminación de la bacteria se realiza en primavera y otoño siendo las condiciones meteorológicas de alta humedad del ambiente y temperaturas entre los 19 y 26°C, favorables para el desarrollo de la enfermedad, Figura 22.

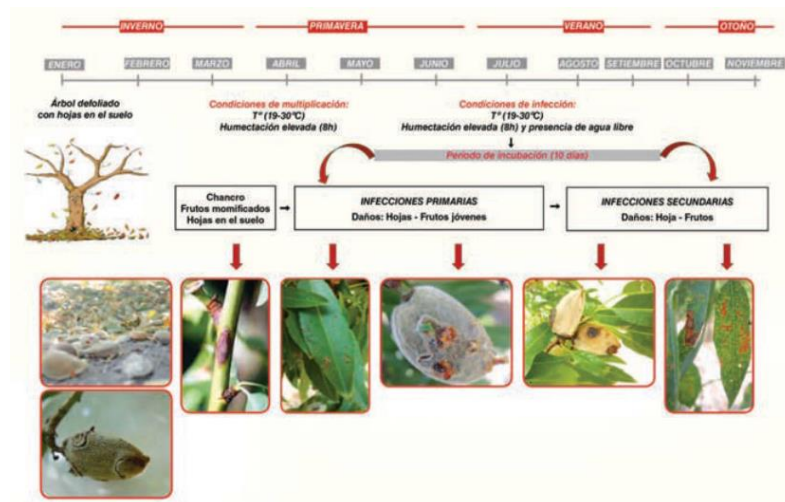


Figura 22. Ciclo biológico mancha bacteriana en almendro (14).

Los síntomas aparecen primero en las hojas en forma de pequeñas manchas angulosas y translúcidas, que toman un aspecto aceitoso y oscuro y más tarde se necrosan. En segundo lugar, los síntomas se manifiestan en los frutos. Al inicio del ataque, se observa sobre el fruto manchas deprimidas de color oscuro, que normalmente producen exudados gomosos. Finalmente, los frutos afectados caen al suelo produciendo una pérdida importante de producción.

- Control:

- Es muy importante podar, para eliminar las ramas afectadas y producir una buena ventilación del árbol, quemando los restos de poda y desinfectar siempre las herramientas utilizadas para evitar la propagación entre fincas.
- Los tratamientos químicos se realizarán de forma preventiva durante todo el año. En otoño se aplicarán compuestos cúpricos, dos aplicaciones al 25 y al 100% de caída de hojas con el objetivo de reducir el inóculo y proteger la entrada de la bacteria a través de las heridas producidas por la caída de las hojas.

4.5.2.4. *Enfermedades del tronco*

Chancro de la espuma (*Foamy canker*)

Los síntomas son muy visuales, ya que el tronco se desquebraja con derrame de gran cantidad de goma de color rojiza que desciende por el tronco hasta formar un chancro en el suelo.

-Control:

- Actualmente no existe control químico

4.5.2.5. *Enfermedades raíz-corona-cuello: Hongos -micosis radicales.*

Podredumbre de raíces causada por *Armillaria mellea*

Los daños se presentan inicialmente en árboles aislados, que a medida que avanzan los rizomorfos por el interior del suelo, van afectando a los árboles contiguos formando los típicos rodales, que se van ensanchando produciendo la muerte de los árboles y dejando el suelo infectado durante largo tiempo. La evolución en forma de rodales se distingue de otras posibles afectaciones que siguen las líneas de plantación. Los síntomas en la parte aérea del árbol no son específicos de la enfermedad, ya que se va produciendo un debilitamiento general, con una reducción del crecimiento y pérdida de cosecha.

En las raíces se produce un ennegrecimiento de los tejidos externos, que deriva en una podredumbre húmeda con un característico olor a moho. Cuando se levanta la corteza, aparecen las placas blanquecinas a modo de abanico formadas por los rizomorfos internos.

En general, estas afectaciones se producen con mucha más facilidad en lugares donde se encharca el agua.

-Control:

- Utilizar material vegetal sano, ya que no existe control químico

Podredumbre de cuello y raíces causada por *Phytophthora spp.*

La expresión de síntomas depende del nivel de afectación de los tejidos de las raíces y del cuello, así como de la rapidez de su destrucción. El ataque se localiza en el cuello del árbol y en el inicio de las raíces principales. Progresivamente se va pudriendo y deshidratando la corteza de esta zona, que toma una coloración más oscura y puede llegar a rodear completamente la parte afectada. En el cambium se aprecia una coloración anormal de color marrón.

Normalmente la enfermedad avanza rápidamente y los árboles atacados presentan síntomas más o menos acentuados según la severidad, como debilitamiento general del árbol, marchitamiento, caída de hojas, frutos de poco calibre y mala maduración, colapso y muerte.

-Control:

- uso de patrones resistentes, disponer de buenos drenajes que eviten la acumulación de agua en épocas de lluvias abundantes, evitar suelos compactos que mantengan excesivas humedades y dificulten el crecimiento de las raíces.
- realizar riegos más frecuentes, pero más cortos sin que se encharque la zona cercana al cuello.
- evitar lesiones en el tronco por el uso de aperos, no aportar materia orgánica en descomposición junto a la base del tronco.

Verticilosis causada por *Verticilium dahliae*.

Las hojas situadas en la base de las ramas son las primeras en desecarse, permaneciendo algún tiempo en el árbol, para caer después. En ocasiones, a modo de bandas necróticas asociadas a los haces vasculares afectados, la corteza de la madera afectada (ramas o tronco) suele presentar una coloración morada, mientras que el leño tiene una tonalidad chocolate.

En función de la severidad del ataque, la sintomatología puede restringirse a una pequeña parte de la copa (normalmente situada en la zona externa media), afectar a ramas secundarias o primarias enteras o bien, en los casos más graves, a toda la parte aérea del árbol. Una vez eliminadas las ramas afectadas, mediante la poda, no suelen volver a presentarse los síntomas.

-Control:

- Análisis del suelo para determinar la concentración de propágulos del patógeno.
- Escoger variedades y patrones poco susceptibles a la enfermedad. Llevar a cabo un desinfección del suelo. Evitar excesos en el aporte de agua y nutrientes.
- Debido a la poca incidencia y severidad que la verticilosis manifiesta en el almendro, actuaciones culturales de eliminación, mediante poda, de las ramas afectadas y su posterior quema, son suficientes para la erradicación de esta enfermedad.

4.5.2.6. *Enfermedades de hojas-flor-fruto: Hongos y micosis aéreas.*

Moniliosis o momificado causado por *Monilia spp.*

Monilia spp es el hongo responsable de la moniliosis del almendro, afecta al árbol secando en primer lugar las flores y posteriormente los brotes y las ramas. La infección se produce por la penetración de los conidios a través de la flor. El hongo progresa por el brote hasta bloquear el paso de la savia desecándolo completamente. Hay dos especies *Monilia laxa*, común en áreas con primaveras frías y *Monilia fruticola* de origen americano y considerada patógeno de cuarentena.

Las hojas verdes se tornan de color marrón y la almendra es colonizada por una podredumbre de color marrón produciéndose la momificación del fruto.

Anejo 7: Plantación y proceso productivo

La época de mayor susceptibilidad a la moniliosis en el almendro es en la etapa de floración. El hongo pasa todo el invierno en los frutos podridos y al comenzar la floración se depositarán encima de las flores, penetrando a través del estigma y el estilo, comenzando de esta forma las infecciones primarias.

La temperatura óptima para que se produzcan las infecciones se establece entre los 20 y 25 grados. Una elevada humedad también favorece la propagación de la moniliosis, siendo la abundancia de lluvias y el rocío las que crearán el caldo de cultivo adecuado para la propagación de la moniliosis en el almendro.

- Control:

- Son importantes las intervenciones encaminadas a destruir las fuentes de conservación del patógeno, por lo que durante la poda se intentarán eliminar los brotes afectados, en la medida de lo posible.
- Tratamiento preventivo antes de la floración, mes de febrero, con cobre.
- Tratamientos químicos durante el periodo de floración-fecundación.

Cribado causado por *Stigmina carpophila*.

Este hongo ataca tanto a las hojas como a los brotes jóvenes. En las hojas se observan inicialmente unas manchas redondeadas de color marrón rojizo que puede llegar a color violáceo, con un halo clorótico que evoluciona a necrosis circulares, las cuales hacen que el centro de la mancha se desque y se caiga, generando los orificios característicos. También puede afectar a los frutos de almendro, que aparecen manchados y con necrosis circulares que segregan goma.

- Control:

- Son efectivos los tratamientos preventivos con caldo bordelés durante la caída de la hoja.

Lepra o abolladura, causado por *Taphrina deformans*.

Esta enfermedad la causa un hongo ascomiceto que pasa el invierno en la corteza del tronco y de las ramas o en la proximidad de las yemas. Su desarrollo se ve favorecido con temperaturas que oscilan entre 14-18°C, especialmente cuando existe una elevada humedad ambiental. Esta enfermedad se manifiesta en las hojas, que toman un aspecto abollado. Al mismo tiempo, se producen cambios de color en las partes dañadas: los tejidos se tornan rojizos. En la cara inferior, las hojas toman un aspecto céreo-brillante, terminando por secarse y desprenderse. Si los frutos son atacados se forman excrescencias de color rojizo y si los frutos recién formados se ven atacados, la enfermedad determina su caída. En las flores, el abollado puede llegar a provocar el aborto.

-Control:

- Es muy importante limitar su difusión aplicando tratamientos preventivos con cobre durante la caída de la hoja.

Mancha ocre causado por *Polystigma ochraceum*.

En las hojas de los almendros se observan unas manchas de color amarillo-marrón al principio, que pasan posteriormente a rojo y presentan relieve. Estas manchas pueden afectar a la mitad de la superficie foliar o a una zona sectorial de las mismas. Las manchas evolucionan a necrosis y llegan a producir defoliaciones anticipadas. Si continúan los ataques durante varios años el árbol acaba debilitado y se acelera su envejecimiento.

- Control:

- Evitar la plantación de almendros en zonas con elevada humedad ambiental y elegir variedades con buena tolerancia a esta enfermedad.
- Reducir el inóculo presente en la plantación con aplicaciones de urea en el otoño mojando el suelo y los árboles para ayudar a la degradación del hongo en las hojas.

Chancro o *Fusicoccum* causado por *Phomosis amygdali*.

Este hongo afecta a ramos y ramas jóvenes, además de sus yemas penetrando por las heridas peciolares en la caída de hojas e incluso por la caída de pétalos florales. En las hojas, el patógeno induce grandes manchas pardas de contorno circular e irregular. El centro de las lesiones aparece un punteado alrededor de una yema, lo que termina por provocar la caída del brote. El hongo se concentra en la mancha foliar durante el tiempo cálido, pero crece hacia los nervios cuando las hojas envejecen. Produce chancros y zonas de secado rápido en los ramilletes de mayo, afecta también a las yemas que llegan a desprenderse y a ramos mixtos del año.

- Control:

- Eliminación de las ramas afectadas ayudan a erradicar las fuentes de inóculo.
- Se recomiendan dos o tres tratamientos entre mayo y julio, realizando un tercer tratamiento unos días antes de la apertura de las flores.

Antracnosis causada por *Colletotrichum* spp.

Es una enfermedad que puede alcanzar una gran relevancia bajo condiciones climáticas favorables. Este hongo pasa el periodo desfavorable en frutos momificados y en forma de micelio en madera y en brotes. Las primeras infecciones se producen en el cuajado de los frutos, hacia mediados de abril, coincidiendo con lluvia y temperaturas favorables.

La antracnosis del almendro afecta a flores, frutos, hojas y brotes. El síntoma más característico aparece en frutos y consiste en una lesión circular, ligeramente deprimida, generalmente de coloración anaranjada, como consecuencia de la esporulación del patógeno en acérvulos formados en el centro de la misma, y acompañada de exudación de goma. Los frutos son más susceptibles cuando son jóvenes, pero pueden ser afectados durante todo su desarrollo si se dan las condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

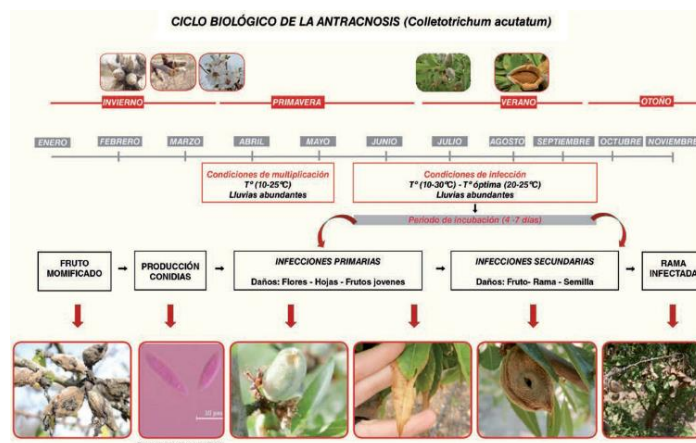


Figura 23. Ciclo biológico de la antracnosis en almendro (15).

Desde finales de invierno hasta mediados de marzo, cuando las temperaturas son suaves (entre 10 y 25°C) y se producen lluvias prolongadas, el hongo se empieza a reproducir rápidamente y mediante las gotas de agua de la lluvia o del rocío, se producen las infecciones primarias, Figura 23. Se debe realizar una buena poda de brotes y ramas afectadas con frutos momificados y pedúnculos infectados para disminuir la cantidad de inóculo primario. Una rápida evolución de la enfermedad puede llevar a tener que arrancar todos los almendros o cortarlos por el punto de la cruz.

-Control:

- La tolerancia o resistencia varietal a la enfermedad es una de las principales medidas de control a medio y largo plazo.
- Se recomienda la aplicación de dos o tres tratamientos con fungicidas, uno en el momento de la caída de los pétalos y el segundo unos 15-20 días después, pudiéndose realizar un tercer tratamiento otros diez días después.

4.5.3. *Tratamientos fitosanitarios*

Antes de comenzar con el resumen de tratamientos, remarcar las características de la zona en la que se encuentra la plantación. Nos encontramos en una zona con una humedad ambiental baja debido a las escasas precipitaciones anuales, el tipo de riego propuesto, riego por goteo subterráneo nos ayudara a mantener una humedad ambiental baja. Por lo tanto, no favorecerá el desarrollo de enfermedades de carácter fúngico. Por otro lado, si hablamos de temperaturas, las bajas temperaturas nos ayudaran a controlar las principales plagas que atacan al almendro. La aplicación de los productos fitosanitarios se realizará mediante un pulverizador hidroneumático arrastrado de 2000 L de capacidad.

En la Figura 24 podemos ver como se sitúan las principales enfermedades respecto a su momento de desarrollo en el almendro.

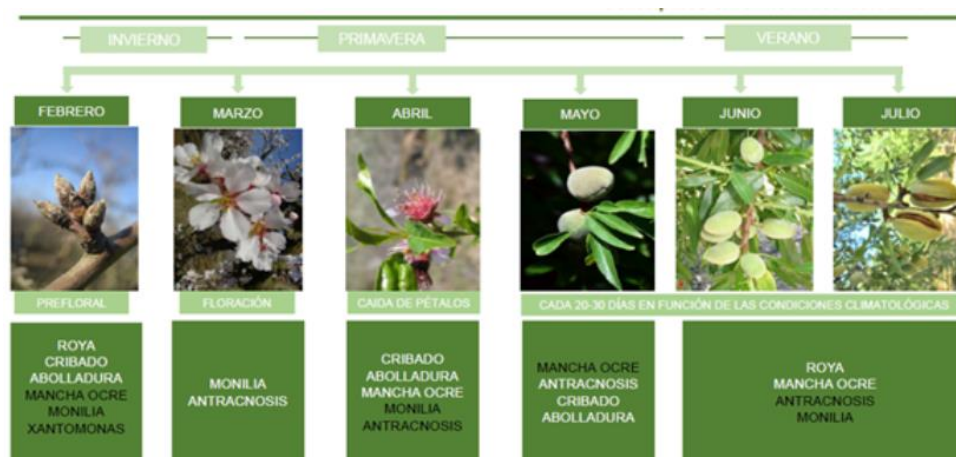


Figura 24. Principales enfermedades del almendro (16).

Teniendo en cuenta las características de la zona, se espera que la incidencia de plagas y enfermedades sea menor que en otros sitios donde el cultivo del almendro es más propicio al darse temperaturas más moderadas y precipitaciones más abundantes.

En el momento de elegir el producto fitosanitario, se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de productos fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio ambiente.

Siempre se intentará realizar tratamientos preventivos, y solo en el momento que tengamos la enfermedad o plaga establecida, usaremos productos curativos, en la Tabla 29, tenemos un resumen de los tratamientos. No se repetirán tratamientos con la misma materia activa intentando no generar resistencias, excepto en el caso que solo tengamos una disponible.

Tabla 29. Recomendación de tratamientos químicos a efectuar en el caso de que fuese superado el umbral de actuación en el caso de las plagas y principales enfermedades del almendro.

Orden	Materia activa	Momento	Tipo de tratamiento	Enfermedad	Dosis
1ª	Aceite de parafina 80%	Para vegetativa	Pulverización	Cochinillas Pulgones Ácaros	10-20 L/ha 2-4 aplicaciones
2ª	Hidroxicrobre 50%	Hinchado de yemas	Pulverización	Monilia Mancha ocre Bacteriosis	2,5 kg/ha
3ª	Tebuconazol 25%	Floración	Pulverización	Monilia Mancha ocre	0,6 kg/ha 2 aplicaciones
4ª	Kresoxim- metil 25% p/p + Difenoconazol 12,5%	Cuajado	Pulverización	Moteado Antracnosis Mancha ocre	0,25-0,3 kg/ha 1-2 aplicaciones
5ª	Deltametrin 2,5% p/v	Cuajado	Pulverización	Pulgones Orugas tigre Barrenillo	0,5 l/ha
6ª	Tebuconazol 25%	Fruto tamaño guisante	Pulverización	Monilia Mancha ocre	0,6 kg/ha 2 aplicaciones
8ª	Hidroxicrobre 50%	Después de podar	Pulverización	Monilia Mancha ocre Bacteriosis	2,5 kg/ha
9ª	Hidroxicrobre 50%	Post-Cosecha	Pulverización	Monilia Mancha ocre Bacteriosis	2,5 kg/ha

Anejo 7: Plantación y proceso productivo

Destacar el tratamiento postcosecha debido a su gran trascendencia. Es muy importante realizar un buen tratamiento preventivo después de la recolección y antes de que se caiga la hoja favorecerá que el año siguiente el árbol presente un estado sanitario correcto. Actuará preventivamente contra plagas y enfermedades que afectan a las plantaciones de almendros. Estas producen un debilitamiento de los árboles que puede traducirse en una pérdida de las producciones.

En la Figura 25, podemos ver gráficamente, la estrategia elegida para el control de plagas y enfermedades según el estado de desarrollo y las materias activas disponibles.









	 PARADA VEGETATIVA	 HINCHADO DE YEMAS	 FLORACIÓN	 CUJADO	 FRUTO TAMAÑO GUISANTE	 DESARROLLO DEL FRUTO	 MADURACIÓN	 CAÍDA DE HOJAS
MONILIA - MANCHA OCRE (1)		Hidroxicrobre 50% p/p WG	Tebuconazol 25% p/p (WG)		Tebuconazol 25% p/p (WG)			Hidroxicrobre 50% p/p WG
ABOLLADURA		Hidroxicrobre 50% p/p WG						Hidroxicrobre 50% p/p WG
BACTERIOSIS		Hidroxicrobre 50% p/p WG						Hidroxicrobre 50% p/p WG
MOTEADO - ANTRACNOSIS (1) MANCHA OCRE (1)				Kresoxim- metil 25% p/p + Difenconazol 12,5% p/p (WG)				
PIOJO DE SAN JOSE				Piriproxifen 10% p/v (EC)				
COCHINILLAS, PULGONES Y AGAROS	Aceite de parafina 80% (EC)							
PULGONES - ORUGAS-ANARSI - ORUGUETA - EMPASCAS - TIGRE - BARRINILLO - PHTYLAEINUS - NEOPHYLAENUS				Deltametrin 2,5% p/v (EC)- Lambda Cihalotrin 1,5 %				

Figura 25. Guía de tratamientos para enfermedades y plagas del almendro (16).

4.5.4. Cuaderno de explotación

La Orden de 16 de enero de 2013, estableció el modelo para el registro de la información sobre el uso de los productos fitosanitarios por parte de los titulares de explotaciones agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA, de 19 de febrero de 2013)

El cuaderno de explotación es un documento en el que se plasman todas las actuaciones que se llevan a cabo en la explotación para la gestión de las plagas, enfermedades y malas hierbas. También deben reflejarse las acciones que utilizando fitoreguladores tienen por objeto actuar en algún proceso de la planta como el crecimiento, el aclareo o la caída fisiológica de los frutos. En él, se integran también aspectos relacionados con la trazabilidad de las producciones agrarias. El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente ha elaborado, de manera consensuada con las Comunidades Autónomas, un documento orientativo sobre los contenidos mínimos obligatorios que tiene que contener el cuaderno de explotación, tal y como establece el Real Decreto. Las anotaciones pertinentes se podrán realizar de manera física o informática.

4.6. Recolección

4.6.1. Introducción

La recolección comienza cuando la almendra está totalmente seca y el mesocarpio comienza a abrirse. Para ello, se va a realizar una recolección en continuo totalmente mecanizada, lo que aumenta la capacidad de trabajo, ya que se reduce el tiempo de recolección y mano de obra (únicamente un operario), a la vez que se aumenta la calidad del fruto, ya que, con estos

sistemas de recolección, se evita que la almendra entre en contacto con el suelo, alcanzando un rendimiento del 95%.

La maquinaria que se va a emplear para la recolección va a ser una cosechadora cabalgante adaptada para la recolección de la almendra. Para ello, se van a colocar vibradores en toda la altura del túnel de la máquina, lo que permitirá recolectar toda la cosecha de cada árbol.

4.6.2. Época de recolección

Las variedades elegidas son *Vialfas* y *Lauranne*, presentan una madurez temprana-media, *Vialfas* varios días después de *Lauranne*, lo que va a facilitar el calendario de recolección. Además, una ventaja que presentan ambas variedades es que una vez estén maduras no se caen del árbol, si no se les aplica cierta vibración.

Por este motivo se va a iniciar la recolección en la tercera semana del mes de septiembre, comenzándose por la variedad *Lauranne* y acto seguido por la *Vialfas*. Para el comienzo de la recolección se debe comprobar que los frutos estén totalmente secos y que el mesocarpio se desprenda con facilidad, para simplificar las operaciones posteriores de limpieza.

4.6.3. Maquinaria utilizada

La recolección se va a llevar a cabo mediante una cosechadora integral. Estas cosechadoras tienen el mismo funcionamiento básico de las vendimiadoras y se distinguen por tener dos áreas de vibración: una superior con una agitación más intensa y una inferior menos intensa. Combinan en ambas tanto varillas curvas (propias de las vendimiadoras para evitar la rotura de la uva) como varillas rectas (ya que tanto en la aceituna y aún menos en la almendra el riesgo de rotura del fruto es prácticamente nulo).

Estas máquinas cuentan con una eficiencia de recolección muy elevada, ya que garantizan una recolección de los frutos del 95%. Con único operario u dependiendo de la orografía de la parcela, una hectárea puede ser recogida en 1,5-2 h lo que acorta en gran medida, el periodo de recolección respecto a otros métodos más utilizados, como los paraguas vibradores. Las tolvas situadas en la parte superior poseen una capacidad comprendida entre 1.000-3.000 litros. Además, la limpieza de hojas y trozos de ramas se consigue gracias a la colocación de extractores de aspiración neumática situado sobre las cintras y cadenas de transporte.

En nuestro caso debido al elevado coste de adquisición de estas máquinas y a los pocos días que se van a necesitar al año, unos 4 o 5 serán suficientes, resulta económicamente inviable que el promotor adquiera esta maquinaria, debido a su elevado coste. Por ello, y como bien se analizado en el Estudio de alternativas, se decide que la operación de recolección se va a encomendar a una empresa de servicios externa a la explotación.

El transporte de la producción a la planta de transformación y distribución, se va a realizar con camiones inmediatamente después de la cosecha.

El tiempo de recolección irá en función del rendimiento obtenido, ya que si se obtiene una producción elevada la vendimiadora tiene que descargar más veces por lo que se pierde más tiempo. Las cosechadoras necesitan unos 6 metros al final de la línea para poder realizar el giro por que se procurara que todas las finales de calles estarán libres de obstáculos.

Anejo 7: Plantación y proceso productivo

Para calcular el tiempo de recolección, en función de la producción, se estima que la primera cosecha debido a la poca almendra que tendrán los árboles, la recolección será más rápida, teniendo en cuenta la juventud de la planta y los cuidados a seguir para no dañar el árbol, el rendimiento de recolección puede ser de un 30% superior, mientras que la 2ª, un 15 % y a partir del 3º cosecha no se tiene en cuenta esta reducción de tiempo. Para su estimación, se elabora la Tabla 30.

Tabla 30. Tiempo de recolección, según la producción esperada.

Año	Producción en cascara (kg/ha)	Rendimiento (horas/ha)	Tiempo total de recolección 23,3 ha (horas)
1	0	0	0
2 (1ª cosecha)	1800	1,5	35
3 (2ª cosecha)	3600	1,8	42
4 (3ª cosecha)	6200	2	47
5 (4ª cosecha)	8000	2	47

4.6.4. Operaciones post-cosecha

Destacar las siguientes tres operaciones a realizar una vez terminada la recolección:

1. Riego: El riego es una de las prácticas de manejo más importantes en el almendro, ya que está directamente relacionado con la productividad. El cultivo del almendro presenta una elevada sensibilidad al déficit hídrico en ciertos períodos clave como el postcosecha. Si durante este periodo el cultivo sufre estrés hídrico la densidad floral del año siguiente, la fertilidad de las flores y la fructificación se pueden ver comprometidas.
2. Fertilización: no es necesario volver a recalcar la importancia que tiene la fertilización, así como conocer y ajustar los nutrientes durante los momentos de máximas necesidades para que estén disponibles en el suelo. Una vez realizada la recolección hemos de aplicar los nutrientes adecuados para favorecer los procesos que el árbol está realizando.
3. Tratamiento fitosanitario. Realizar un buen tratamiento preventivo después de la recolección y antes de que se caiga la hoja va a favorecer que el año siguiente el árbol presente un estado sanitario correcto evitando enfermedades fúngicas y plagas. Estas producen un debilitamiento de los árboles que puede traducirse en una pérdida de las producciones

4.7. Secado de la almendra

La humedad de la almendra en el momento de la recolección depende del grado de madurez fisiológica que tenga y de las condiciones climatológicas que se den en ese momento, pudiendo llegar a superar el 20%. Para evitar problemas y deterioros en su almacenamiento, la humedad deberá rebajarse a valores entorno al 6%.

El secado de la almendra se hace de forma tradicional extendiéndola sobre superficies secas y aireadas, con un grosor que no debe superar los 10-20 cm. En nuestro caso el promotor

dispone de una solera de hormigón de 1000 m², donde poder extender la cosecha de manera temporal.

El proceso de secado, resulta enredoso para el agricultor, ya que debe disponer de una gran superficie adecuada y mantener la almendra durante varios en la zona de secado, siendo mayor en el caso de maduración tardía en zonas frías debido a que la época de secado sitúa entre el 1-15 de septiembre para las variedades elegidas y las temperaturas dejan de ser tan elevadas.

Por otra parte la cooperativa dispone de un secadero mecánico, que tiene un precio elevado y solamente es rentable para grandes plantaciones, con las premisas de buena cosecha y precio de venta constante. Por ello la tendencia es que los compradores dispongan de secaderos, cobrándoles a los agricultores el precio de realizar esta operación.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Iberia A. Catalogo Smarttree Almendro en seto 2020.
2. García Andrés R. 2018. Available from: <https://www.todoalmendro.es/>
3. Rius x, Rubio Cabetas MJ, Felipe AJ. El cultivo del almendro. Zaragoza2017.
4. Pou MM. El almendro. Manual técnico: Mundi-Prensa Libros; 2017.
5. López L, Beltrán J, Ramos A, López H, López P, Bermejo J, et al. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España: Parte II-Abonado de los principales cultivos en España. Editorial VA Impresores, SA, Madrid, ESP; 2009.
6. Sánchez IM. Estrategias para la fertilización en el cultivo del almendro. Vida rural. 2014(378):46-50.
7. Pérez FL. Decreto 53/2019, de 26 de marzo, del Gobierno de Aragón, por el que se regula la gestión de estiércoles y los procedimientos de acreditación y control. Actualidad Jurídica Ambiental. 2019(90):72-4.
8. Sentís JE, editor Llibredefer: Programa informático para la creación de libros de gestión de deyecciones ganaderas y de fertilizantes nitrogenados. II Congreso Español de Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas; 2010: Citeseer.
9. López M. Poda del almendro en seto. Olint: Revista de plantaciones superintensivas de olivo. 2018(32):52-6.
10. IRTA. Poda de formación en almendro de alta densidad. Seto 2018 [Available from: https://www.youtube.com/watch?v=UGt4RnX_1-Q.
11. ID-David. ID-David: Fabricantes de maquinaria agrícola. 2020.
12. Delgado Enguita I, Muñoz Pérez F, Demdoun SF, Buil Moure I, Congost Luengo S. La esparceta o pipirigallo. 2008.
13. Ortega E, Caballero JE, García PM, Gómez E, López-Higuera FD. Biología reproductiva y producción en almendro. Revista de fruticultura. 2016(49):6-12.
14. L. Torguet GM, R. Girabet, L. Zazurca, M. Maldonado y X. Miarnau. La mancha bacteriana, una enfermedad de gran expansión en el cultivo del almendro en España. Vida rural. 2020.
15. Pomar LT, Martínez G, Girabet R, Zazurca L, Maldonado M, Miarnau X. Antracnosis, una nueva enfermedad que amenaza el cultivo del almedro. Vida rural. 2020(475):14-20.
16. España T. Guia de tratamientos en el almendro 2020 [Available from: <https://www.tradecorp.es/actualidad/conoces-nuestra-guia-de-tratamientos-de-almendro>.

ANEJO 8

DISEÑO AGRÓNOMICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	1
2.1. Método FAO Penman Monteith	1
2.2. Resultados de evapotranspiración	2
3. BALANCE HÍDRICO.....	4
3.1. Estado del agua en el suelo.....	4
3.2. Agua fácilmente disponible.....	5
3.3. Precipitación efectiva	5
3.4. Balance hídrico anual.....	6
4. NECESIDADES NETAS DE RIEGO	6
4.1. Cálculo de las necesidades netas	6
4.2. Coeficientes de corrección de las necesidades netas en riego localizado.....	7
4.2.1. Coeficiente corrector por localización (Kl)	7
4.2.2. Coeficiente de variación climática (Kc)	7
4.2.3. Coeficiente de advección (Ka)	7
4.3. Cálculo de las necesidades netas corregidas	8
5. NECESIDADES TOTALES DE RIEGO	9
5.1. Eficiencia de aplicación.....	9
5.1.1. Factor de lavado (FL).....	9
5.1.2. Coeficiente de uniformidad (CU).....	10
5.1.3. Cálculo de eficiencia de aplicación	10
5.2. Cálculo de necesidades totales	10
6. SUPERFICIE MOJADA POR EMISOR	11
6.1. Número de emisores por planta	12
6.2. Frecuencia y duración del riego	13
6.3. Dimensionado del depósito	14
6.4. Cálculo de número de sectores necesario	15
7. RESUMEN DEL DISEÑO AGRONÓMICO	15
8. BIBLIOGRAFÍA	17

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se calcularán las necesidades de agua que tendrá el cultivo. El diseño agronómico se basará en datos climáticos obtenidos en la estación que tiene la Oficina del Regante en Monreal del Campo, datos del estudio edafológico de la finca, el diseño de la plantación y las características del agua de riego expuestas en sus correspondientes Anejos. El cultivo tiene distintas necesidades hídricas según la etapa, por lo que se calcularán estas necesidades netas en las diversas etapas del cultivo. También se calcularán la superficie y porcentaje de suelo mojado por cada emisor, la separación entre emisores, el número de emisores que se instalarán por planta, así como la dosis, duración e intervalo entre riegos.

2. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

2.1. Método FAO Penman Monteith

La evapotranspiración del cultivo de referencia se puede calcular con un gran número de ecuaciones empíricas y siempre utilizando datos meteorológicos.

Actualmente el método FAO Penman-Monteith (1990) se recomienda como método estándar para la definición y cálculo de la evapotranspiración de referencia ETo . Es el procedimiento más moderno y fiable. La ecuación para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia mediante el método de FAO Penman-Monteith es la siguiente:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

dónde:

- ETo : evapotranspiración de referencia (mm/día)
- R_n : radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m y día)
- R_a : radiación extraterrestre (mm/día)
- G : flujo del calor de suelo (MJ/m y día)
- T : temperatura media del aire a 2 metros de altura (°C)
- u_2 : presión de vapor de saturación (kPa)
- e_a : presión real de vapor (kPa)
- $e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (kPa)
- Δ : pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C)
- γ : constante psicrométrica (kPa/°C)

Este método ha sido calculado por el software CROWAT 8.0, importando los datos meteorológicos necesarios de la estación de la Oficina del Regante en Monreal del campo, como se muestra en la Figura 1.

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\Monreal.PEM							
País	Monreal del campo			Estación	Oficina del regante		
Altitud	947	m.	Latitud	40.79	°N	Longitud	1.50 °W
Month	Temp Min	Temp Max	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
January	-9.4	16.4	80	1.7	1.9	5.2	1.29
February	-8.4	17.7	73	2.1	3.5	8.3	1.86
March	-6.0	22.5	67	2.1	4.8	12.3	2.84
April	-3.0	25.5	66	1.8	5.2	15.4	3.49
May	-1.0	30.1	62	1.7	7.1	19.8	4.59
June	3.1	35.5	56	1.5	8.2	21.9	5.46
July	6.8	37.2	48	1.6	10.2	24.3	6.21
August	6.6	37.1	52	1.6	9.6	21.9	5.73
September	3.0	32.7	62	1.3	7.0	15.8	3.90
October	-1.5	27.9	69	1.3	4.4	9.9	2.58
November	-6.2	20.9	77	1.6	2.2	5.8	1.72
December	-9.3	16.5	80	1.4	1.8	4.6	1.16
Average	-2.1	26.7	66	1.6	5.5	13.8	3.40

Figura 1. Datos de radiación y evapotranspiración calculados por software CROWAT.

2.2. Resultados de evapotranspiración

Los resultados del método FAO Penman-Monteith se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la evapotranspiración anual, en mm.

Mes	FAO Penman- Monteith	
	Diaria	Mensual
Enero	1,29	38,7
Febrero	1,86	55,8
Marzo	2,84	85,2
Abril	3,49	104,7
Mayo	4,59	137,7
Junio	5,46	163,8
Julio	6,21	186,3
Agosto	5,73	171,9
Septiembre	3,90	117
Octubre	2,58	77,4
Noviembre	1,72	51,6
Diciembre	1,16	34,8
Anual	1224,9 mm	

La evapotranspiración de un cultivo será diferente a la del cultivo de referencia (ET_o) en la medida en que sus características de cobertura del suelo, propiedades de la vegetación y resistencia aerodinámica difieran de las correspondientes al pasto. Los efectos de las características que distinguen al cultivo del pasto están incorporados en el coeficiente del cultivo (K_c). En la metodología del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo se calcula con la siguiente ecuación:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

El coeficiente del cultivo es básicamente el cociente entre la evapotranspiración del cultivo ET_c y la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_o, representando el efecto integrado de cuatro características principales que diferencian a un cultivo en particular del cultivo del pasto de referencia. Las características mencionadas son las siguientes:

- **Altura del cultivo.** La altura del cultivo tiene influencia en el valor de la resistencia aerodinámica, r_a , de la ecuación de Penman-Monteith, así como en la transferencia turbulenta del vapor del agua desde el cultivo hacia la atmósfera.
- **Albedo (reluctancia) de la superficie del cultivo y suelo.** El valor del albedo está afectado por la porción del suelo cubierta por la vegetación, así como por la humedad presente en la superficie del suelo. El albedo de las superficies del cultivo y suelo afectan el valor de la radiación neta de la superficie, R_n , la cual constituye la fuente principal de energía para el proceso de evapotranspiración.
- **Resistencia del cultivo.** La resistencia del cultivo a la transferencia del vapor de agua es afectada por el área foliar (cantidad de estomas), edad y condición de la hoja, así como por el grado de control estomático. La resistencia de la vegetación tiene influencia en el valor de la resistencia de la superficie, r_s .
- **Evaporación que ocurre en el suelo,** especialmente en la parte expuesta del mismo.

Los ciclos vegetativos están constituidos por cuatro etapas:

- **Etapas inicial.** Desde la plantación hasta que el árbol sombrea el 10% del suelo. $K_c = 0$
- **Etapas de desarrollo.** Desde que acaba etapa anterior hasta que sombrea el 70-80% de la superficie del suelo. $K_c = 0,5$
- **Etapas de mediados de periodo.** Desde el final de la etapa anterior hasta que comienza el envejecimiento del follaje del árbol o cosecha (etapa de máxima evapotranspiración). $K_c = 0,9$
- **Etapas final.** Desde el final de la etapa anterior hasta la caída de hojas del cultivo. $K_c = 0,65$

El valor del coeficiente del cultivo del almendro depende de la edad, el tamaño del árbol y su estado de desarrollo. Los valores de K_c se obtienen de la FAO, la cual lo estudia según su estado de desarrollo (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficiente de cultivo (K_c) según su estado de desarrollo.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
K_c	0	0	0,5	0,7	0,85	0,9	0,9	0,9	0,8	0,75	0,65	0

Con estos valores, se elabora una gráfica (Figura 2) que nos muestra la variación del coeficiente de cultivo para aplicarla a la evapotranspiración de referencia.

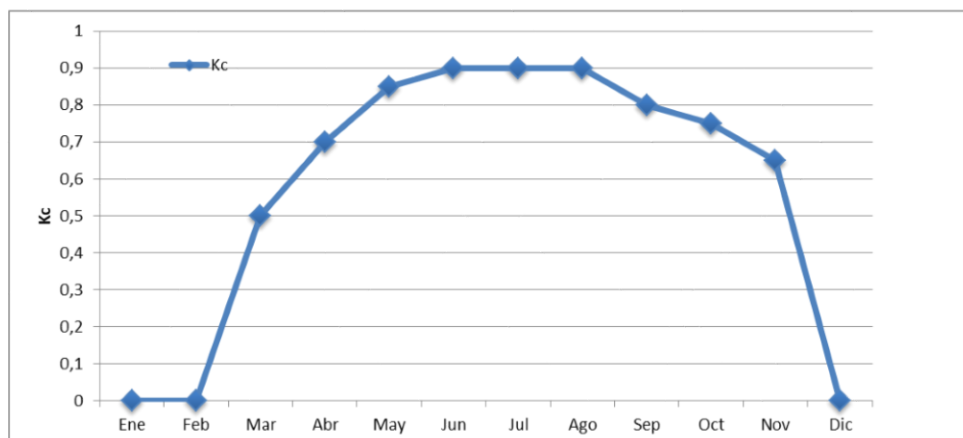


Figura 2. Representación de la variación del coeficiente de cultivo a lo largo el año.

Con este dato de Kc mensual y la evapotranspiración de referencia calculada por el método FAO Penman Monteith, podemos calcular la evapotranspiración del cultivo (ETc), que se resume en la Tabla 3:

Tabla 3. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc).

MES	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)
Enero	38,7	0	0
Febrero	55,8	0	0
Marzo	85,2	0,5	42,6
Abril	104,7	0,7	73,29
Mayo	137,7	0,85	117
Junio	163,8	0,9	147,4
Julio	186,3	0,9	167,7
Agosto	171,9	0,9	154,71
Septiembre	117	0,8	93,6
Octubre	77,4	0,75	58,05
Noviembre	51,6	0,65	33,54
Diciembre	34,8	0	0

3. BALANCE HÍDRICO

Para calcular el balance hídrico de la plantación por meses necesitamos los siguientes datos:

- Evapotranspiración del cultivo (Tabla 3)
- Agua fácilmente disponible
- Precipitación efectiva

3.1. Estado del agua en el suelo

Las características del suelo pueden cambiar el estado en que este se encuentre respecto a la cantidad de agua que disponga. En el Anejo 4 hemos obtenido los valores de capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Además, hemos conocido los valores de profundidad de suelo necesarios para un correcto desarrollo del cultivo y la densidad aparente de nuestro suelo según la textura. A partir de ellos, podemos obtener el agua disponible en una hectárea de suelo gracias a la siguiente formula:

$$\text{Agua disponible} = \frac{CC - PMP}{100} \times (Da \times \text{profundidad} \times 10000 \text{ m}^2)$$

dónde:

- Capacidad de campo (CC) = 25,2%
- Punto de marchitez permanente (PMP) = 14,13%
- Densidad aparente del suelo = 1,4 (análisis edafológico)
- Profundidad del suelo = 1 m (mayor de 75 cm)

Si introducimos los datos obtenidos en la fórmula:

$$\text{Agua disponible} = \frac{25,2 - 14,13}{100} \times (1,4 \times 1 \times 10.000 \text{ m}^2) = 1549,8 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta que 1 mm de altura de agua = 1 L/m² = 10 m³/ha;

$$\text{Agua disponible} = 154.98 \text{ mm}$$

Por tanto, el agua disponible por hectárea será 154,98 mm.

3.2. Agua fácilmente disponible

Se puede definir como agua fácilmente disponible a la fracción de esta que pueden aprovechar los cultivos sin que disminuya el rendimiento máximo. Se puede calcular con la siguiente formula:

$$\text{Agua fácilmente disponible} = \text{Reserva disponible} \times \text{fracción de agotamiento}$$

donde la fracción de agotamiento (f) depende del cultivo, del suelo y del nivel de transpiración. Es un valor que está tabulado. Para los almendros se adopta una fracción de agotamiento (f) de 0,4. Por tanto, la reserva de agua fácilmente disponible por hectárea será de 619,92 m³ = 61,99 mm.

3.3. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es la cantidad de agua de las precipitaciones que no se pierde por percolación profunda y escorrentías. En este caso se ha calculado con el software CROWAT. Para nuestro estudio, empleando el método USDA, los valores de precipitación efectiva (P_{efec}) son los siguientes (Figura 3):

Estación	Monreal del Campo	
Método Prec. Ef	Método USDA S.C.	
	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	17.4	16.9
Febrero	17.4	16.9
Marzo	25.1	24.1
Abril	43.1	40.1
Mayo	33.7	31.9
Junio	36.7	34.5
Julio	14.6	14.3
Agosto	28.3	27.0
Septiembre	24.8	23.8
Octubre	33.2	31.4
Noviembre	29.4	28.0
Diciembre	12.8	12.5
Total	316.5	301.6

Figura 3. Datos de precipitación efectiva calculados por software CROWAT.

3.4. Balance hídrico anual

A continuación, se procede a calcular el balance hídrico mes a mes, imprescindible para conocer en qué mes se inicia el riego y la dosis teóricas que debemos suministrar para que el almendro tenga cubiertas sus necesidades hídricas.

Este balance hídrico ha sido calculando a partir de datos que suponen la capacidad de campo en el mes de enero, lo cual es lógico puesto que al final del periodo vegetativo conviene realizar riegos que permitan al cultivo fortalecerse frente al periodo invernal.

El cálculo del se realiza con la siguiente formula:

$$\text{Balance hídrico} = \text{Precipitación efectiva} - \text{Evapotranspiración del cultivo}$$

Como se muestra en la **Error! Reference source not found.**, en el mes de marzo el balance comienza a ser negativo hasta el mes de noviembre. Por lo tanto, en el período marzo–noviembre habría que realizar aportaciones de agua al cultivo, ya que la precipitación efectiva no es suficiente para abastecer las necesidades totales del cultivo. Aunque en el mes de noviembre las necesidades sean mínimas y ya se haya recogido la almendra, el almendro es muy sensible a carencias de agua en esta época, ya que es cuando comienza a acumular sustancias de reserva para el siguiente año. También observamos que las máximas necesidades hídricas corresponden al mes de julio.

Tabla 4. Cálculo de las cantidades mensuales de riego, en mm.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P efec	16,9	16,9	24,1	40,1	31,9	34,5	14,3	27	23,8	31,4	28	12,5
ETc	0	0	42,6	73,3	127	147,4	167,7	154,7	93,6	58	33,54	0
Balance	16,9	16,9	-18,5	-33,2	-95,1	-112,9	-153,4	-127,7	-69,8	-26,6	-5,54	12,5
Exceso	16,9	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,5
Riego	0	0	18,5	33,2	95,1	113	153,4	127,7	70	26,6	5,5	0

4. NECESIDADES NETAS DE RIEGO

4.1. Cálculo de las necesidades netas

En el riego localizado por goteo, el cálculo de las necesidades netas es un valor muy importante, puesto que las reservas de agua en el suelo son muy limitadas y es necesario diseñar la instalación de riego para las máximas necesidades. Las necesidades netas de riego se calculan por la siguiente ecuación:

$$Nn = ETc * kl * kc * ka$$

dónde:

- Nn: necesidades netas de riego, expresadas en mm/día.
- ETc: evapotranspiración del cultivo, expresada en mm/día.
- Kl: coeficiente corrector por localización, en tanto por uno.
- Kc: coeficiente corrector por variación climática, en tanto por uno.
- Ka: coeficiente corrector por advección, en tanto por uno.

Previamente al cálculo de las necesidades netas de riego, es necesario establecer el valor de todos los coeficientes.

4.2. Coeficientes de corrección de las necesidades netas en riego localizado

En el sistema de riego localizado de alta frecuencia es necesario mantener el bulbo húmedo cerca de la capacidad de campo para que el árbol pueda absorber el agua con facilidad y garantizar unos correctos niveles de transpiración. Al no mojar todo el suelo, tenemos un suelo con un mayor incremento de temperaturas, por lo que la transpiración suele ser mayor que en otros sistemas de riego. Los coeficientes que vamos a utilizar para corregir el valor de las necesidades netas de riego son los siguientes:

4.2.1. Coeficiente corrector por localización (Kl)

Este coeficiente se calcula a partir de la fracción de área sombreada (FAS) y se define como la fracción de la superficie de suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en solsticio de verano, respecto a la superficie total. Se calcula estableciendo un cociente entre la superficie que ocupa la copa del árbol entre el marco de plantación. De esta manera, en el caso más extremo, si la superficie de la copa del árbol fuera igual que el marco de plantación, todo el suelo estaría sombreado, por lo que la FAS sería igual a la unidad. Se considera que el diámetro de la copa es de 1,2 m y que el marco de plantación es de (3,5 x 1,25) m. Se calcula según la siguiente fórmula:

$$FAS = \frac{\text{Área sombreada}}{\text{Marco de plantación}} = \frac{\pi * (0,6)^2}{3,5 * 1,25} = 0,258$$

Después tenemos que sustituir este valor FAS en cuatro fórmulas de distintos autores y elegiremos un valor medio, descartando los valores extremos:

- Ajiburi et al. $Kl = 1,34 \times FAS = 0,35$
- Decroix $Kl = 0,1 + FAS = 0,36$
- Hoare et al. $Kl = FAS + 0,5 \times (1 - FAS) = 0,56$
- Séller $Kl = FAS + 0,15 \times (1 - FAS) = 0,37$

El valor medio de los dos valores centrales corresponde a 0,36, que será el valor de Kl.

4.2.2. Coeficiente de variación climática (Kc)

Se trata de una corrección por variación climática, provocado por la variación climática de un año a otro. Aunque el riego localizado se caracteriza por una optimización la utilización del agua para riego, es necesario aumentar estas necesidades entre un 10%-20%. Se tomará el valor de Kc = 1,15.

4.2.3. Coeficiente de advección (Ka)

Los efectos del movimiento de aire por advección tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que depende del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. En caso de parcelas pequeñas, el microclima del cultivo será muy distinto según esté rodeado de una masa verde o de un terreno sin cultivar, lo que origina un aire más caliente en el segundo caso. Por consiguiente, el coeficiente Ka viene determinado en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada. Para su cálculo se toma como superficie regada, no sólo la parcela considerada, sino también las que la rodean que también estén regadas. En este caso, sólo se considera la superficie de la parcela objeto del proyecto, ya que las parcelas de alrededor son de secano. Su valor se determina utilizando el siguiente gráfico:

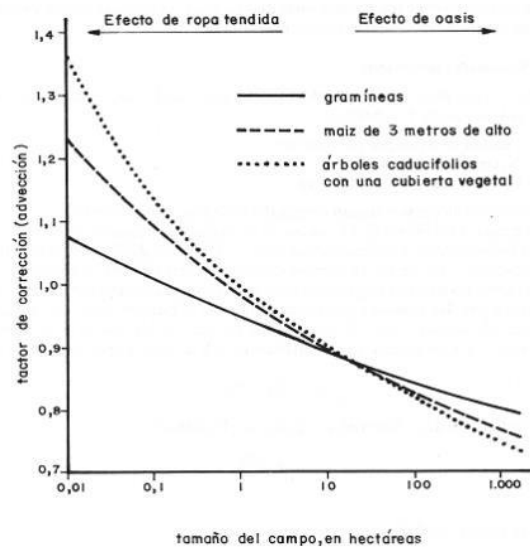


Figura 4. Valor de Ka en función de la superficie y tipo de cultivo.

Según la Figura 4, para una plantación de árboles caducifolios y una superficie de 23,3 ha, el valor de Ka es de 0,95.

4.3. Cálculo de las necesidades netas corregidas

Teniendo presentes los tres factores de corrección expuestos anteriormente:

- $Kl = 0,36$
- $Kc = 1,15$
- $Ka = 0,95$

se pueden corregir las necesidades netas como sigue:

$$Nn = ETc * kl * kc * ka$$

En el mes más exigente para el cultivo, que es el mes de julio:

$$Nn = 167,7 * 0,36 * 1,15 * 0,95 = 65,96 \text{ mm/mes}$$

En **Error! Reference source not found.** se resumen las necesidades netas de riego que presenta el almendro durante los diferentes meses del año.

Tabla 5. Cálculo de las necesidades de riego en el cultivo del almendro.

Mes	ETc (mm/mes)	Kl	Kc	Ka	Nn (mm/día)	Nn (mm/mes)
Marzo	42,6	0,36	1,15	0,95	0,54	16,75
Abril	73,29	0,36	1,15	0,95	0,93	28,82
Mayo	117	0,36	1,15	0,95	1,48	46,02
Junio	147,4	0,36	1,15	0,95	1,87	57,97
Julio	167,7	0,36	1,15	0,95	2,13	65,96
Agosto	154,71	0,36	1,15	0,95	1,96	60,85
Septiembre	93,6	0,36	1,15	0,95	1,19	36,81
Octubre	58,05	0,36	1,15	0,95	0,74	22,83
Noviembre	33,54	0,36	1,15	0,95	0,43	13,19
Total						349,21

5. NECESIDADES TOTALES DE RIEGO

Las necesidades totales de riego siempre son mayores que las necesidades netas, ya que es necesario aportar una cantidad extra de agua que compense pérdidas por otros factores. Las necesidades totales se calculan con la siguiente fórmula:

$$N_t = \frac{N_n}{E_a * (1 - N_L) * 0,90}$$

dónde:

- N_t , necesidades totales, en mm/día (litros/m² y día)
- N_n , necesidades netas, en mm/día (litros/m² y día)
- E_a , eficiencia de aplicación, en decimal
- N_L , necesidades de lavado, en decimal

El factor 0,90 de la fórmula incluye la variabilidad en el tiempo de la uniformidad de emisión de los goteros. Esta uniformidad está relacionada con el mantenimiento de la instalación y la calidad del gotero. Si se tienen garantías suficientes de un manejo y mantenimiento adecuado de la instalación, puede suprimirse este factor en la fórmula o bien darle un valor de 0,95. En nuestro caso lo suprimimos.

$$N_t = \frac{N_n}{E_a * (1 - N_L)}$$

5.1. Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación se relaciona con el porcentaje de agua que se pierde cuando se riega. Esta pérdida estimada es la suma del agua que se evapora, más la que es arrastrada por el viento (incide fuertemente cuando se riega por aspersión, pero no así en el riego localizado) y el agua que se infiltra en profundidad. Las mayores eficiencias corresponderán al riego localizado ya que es el tipo de riego que presenta menores pérdidas. La eficiencia puede relacionarse directamente con la textura del terreno y la forma en que circula el agua en el interior del mismo. Para el cálculo de la eficiencia de aplicación debemos considerar diversas pérdidas producidas.

5.1.1. Factor de lavado (FL)

El lavado de sales consiste en la disolución de las sales mediante el aporte extra de agua y su desplazamiento hacia capas inferiores del terreno alejándolas por tanto de la zona radicular de las plantas. La fracción de agua de riego que debe atravesar la zona radicular para arrastrar el exceso de sales es la necesidad de lavado (NI).



Figura 5. Esquema de la fracción de lavado de sales (1).

La salinidad del agua es de 0,715 dS/m y la tolerancia de la salinidad del cultivo es de 1,6 dS/m (una vez consultado los datos en el Anejo 4).

Aplicamos la fórmula de necesidades de lavado:

$$Nl = \frac{CE_a}{2 * CE_{amax}} * 100$$

Si sustituimos los datos en la fórmula:

$$Nl = \frac{0,715}{2 * 1,6} * 100 = 22,34\%$$

5.1.2. Coeficiente de uniformidad (CU)

Indica la uniformidad en la distribución del agua aplicada con el riego. Si la uniformidad es alta el reparto de agua al cultivo será homogéneo; si fuese baja existirá mayor riesgo de déficit de agua en algunas zonas y de filtración profunda en otras pues no se realizaría un reparto similar sobre el conjunto de las plantas.

La uniformidad de la emisión dependerá por una parte de la característica del terreno donde se asienta el cultivo: tipo de textura predominante del suelo, pendiente, geometría e irregularidades del terreno. Por otro lado, también dependerá de las características de funcionamiento de los emisores de riego, importante, ya que es una cualidad inherente al gotero, así como del manejo y control de las presiones de las unidades de riego.

Se aconseja en cualquier caso que este valor se encuentre comprendido entre 0,80 y 0,90, resultando inaceptables valores inferiores a 0,70. Es preciso aclarar que el CU no es un valor que se considere durante el proceso del diseño de una instalación, ya que se desconoce cómo va a funcionar aquella. Su valor se obtendrá una vez puesta en marcha la instalación y realizados los ensayos correspondientes.

5.1.3. Cálculo de eficiencia de aplicación

A efectos de cálculo, se tomarán los siguientes valores de eficiencia para riego localizado, que se basan en la textura predominante del terreno donde crece el cultivo, considerando por otra parte un manejo adecuado del sistema.

Tabla 6. Valores de eficiencia de aplicación (Ea) para riego localizado según textura predominante del suelo.

Valores de eficiencia de aplicación		
Arena	Limo	Arcilla
0,85	0,90	0,95

En nuestro caso, el valor de eficiencia de aplicación, según la Tabla 6, es $E_a=0,90$, debido a que tenemos la misma cantidad de arena que de arcilla.

5.2. Cálculo de necesidades totales

Con los datos obtenidos y la fórmula de las necesidades totales anteriormente explicada, se obtienen unas necesidades totales de:

$$Nt = \frac{65,96}{0,90 * (1 - 0,224)} = 94,4 \text{ mm/mes}$$

Estas necesidades corresponden al mes de julio, el mes de mayor demanda hídrica por la mayor tasa de evapotranspiración. Las necesidades totales diarias serán:

$$N_t = \frac{94,4 \text{ mm/mes}}{31 \text{ días}} = 3,05 \text{ mm/día}$$

Las necesidades totales unitarias, es decir, la dosis por árbol, la obtenemos multiplicando por el marco de plantación (3,5 x 1,25):

$$N_{tu} = 3,05 \times (3,5 \times 1,25) = 13,134 \text{ L/árbol y día}$$

Las necesidades netas de riego para el mes de junio son de 13,13 L por árbol y día. Y unas necesidades totales por hectárea de:

$$N_t = 13,134 \times 2300 = 30.200 \text{ L/ha y día} = 30,2 \text{ m}^3/\text{ha y día}$$

6. SUPERFICIE MOJADA POR EMISOR

Esta superficie se define como el área que resulta de proyectar el bulbo húmedo que produce ese emisor en el suelo. Se utiliza la superficie mojada debido a la dificultad que existe para medir el volumen de suelo a humedecer. Para su determinación, lo más correcto es disponer de pruebas de campo. Al no disponer de esta información, recurriremos a estimaciones. En nuestro caso, para suelos de textura media, se utiliza la siguiente fórmula:

$$d = 0,7 + 0,11 * q$$

dónde:

- d: diámetro de la superficie horizontal mojada, en m.
- q: caudal aportado por el emisor, en l/h.

Cuanto menor sea el caudal emitido por el emisor, más económica será la instalación del sistema de riego, por lo que interesará instalar, en la medida de lo posible, aquellos emisores que emitan un menor caudal. En el mercado existen emisores de 2 l/h, 4 l/h, 8 l/h, etc.

En este caso, debido a que se trata de una plantación de alta densidad, donde se instalan dos líneas de riego por fila de cultivo, se va a emplear el emisor de 2 l/h. Por las variaciones de cota en la parcela, se optará por el uso de goteros autocompensantes. Estos emisores adaptan el tamaño del conducto dependiendo de la presión de entrada. Suelen tener una membrana flexible que se deforma bajo el efecto de la presión, regulando el caudal. La característica de la autocompensación tiene lugar entre unas determinadas presiones que debe indicar el fabricante. Se propone un producto de la empresa Regaber, en concreto el modelo, DripNET® AS, de pared gruesa, gotero integral autocompensante, sistema de auto-limpieza constante y anti-sifón, que nos va a garantizar un diámetro mojado adecuado para el desarrollo radical de los árboles.

Sustituyendo en la fórmula anterior:

$$d = 0,7 + 0,11 * 2 = 0,92 \text{ m}$$

Por lo tanto, la superficie mojada por cada emisor vendrá determinada según el área del círculo, que será:

$$Se = \pi * \left(\frac{d^2}{4}\right) = \pi * \left(\frac{0,92^2}{4}\right) = 0,665 \text{ m}^2$$

La profundidad del área mojada se debe ajustar lo máximo posible a la profundidad efectiva de las raíces, ya que, si es escasa, no se realiza un riego adecuado y, si es excesiva, se producen pérdidas de agua por percolación profunda. Se estima que las raíces del almendro en cultivo superintensivo pueden llegar hasta 0,7 m de profundidad.

De esta manera, para evitar problemas, se mayor la profundidad efectiva en un 20%, por lo que la profundidad del bulbo mojado deberá ser de 0,85 m.

6.1. Número de emisores por planta

En este apartado, se desea conocer el número de emisores que se van a necesitar por árbol. Las distancias entre emisores más comunes en el mercado son de 0,30 – 0,40 – 0,50 – 0,60 – 0,75 – 1,00 y 1,25 m. Por este motivo, conociendo el marco de plantación, el número de goteros se deberá redondear a uno de estos valores.

En nuestro caso, el espaciamiento entre emisores es 0,60 m, de acuerdo con las separaciones comerciales dispuestas en el catálogo de Regaber para el tipo de gotero elegido (DripNET).



Figura 6. Gotero autocompensante modelo DripNET.

El número de emisiones por planta se calcula conociendo tres datos principales: el porcentaje de suelo mojado, la superficie que ocupa cada planta y la superficie mojada de un emisor. Debido a que el riego por goteo humedece únicamente una pequeña parte del suelo, para garantizar un riego adecuado, se aconseja que exista un porcentaje de solape entre bulbos mojados. En plantaciones de estas características estos valores oscilan entre el 30-35%. En este caso, se va a considerar un porcentaje de solape medio del 33%.

El número de emisores se calcula según la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Sp}{100} \times \frac{P}{Se} = \frac{33}{100} \times \frac{3,5 \times 1,25}{0,665} = 2,17$$

dónde:

- n: número de emisores/planta
- Sp: Superficie ocupada por el árbol (marco de plantación)
- P: Porcentaje de solape
- Se: Superficie mojada por el emisor (m²)

Sustituyendo los datos calculados en la formula, nos da que cada planta necesita 2,17 emisores. Dado que en los sistemas de riego por goteo es correcto que los bulbos húmedos de cada emisor se solapen en un porcentaje del 10-15 %, redondeamos a 2.

Con todo ello exponemos que los goteros serán autocompensantes de 2 L/h con una separación entre emisores de 0,6 metros.

Por lo tanto, los porta ramales se encuentran a 0,5 m de la línea de cultivo de la base del árbol, los goteros están separados a 0,6 m, lo que supone que en cada árbol se reciba agua de 4 goteros, al tener dos líneas de goteros por cada línea de plantas.

6.2. Frecuencia y duración del riego

La dosis de riego proporcionada a cada planta (Dr) se calcula como:

$$Dr = ne * qe * tr * fr$$

dónde:

- Dr = dosis de riego
- ne = número de emisores que nutren la planta
- qe = caudal de emisión
- tr = duración de riego
- fr = frecuencia de riego

Una vez determinados el número de emisores y fijado el caudal, quedan dos incógnitas pendientes de definirse en la ecuación anterior: por un lado, el tiempo de riego, y, por otro, la frecuencia de los riegos. En la práctica puede fijarse una de ellas para despejar la otra. Para ello puede recurrirse a algún criterio adicional que condicione el diseño, como por ejemplo alguno de los siguientes:

Capacidad de infiltración o conductividad hidráulica del terreno: conviene que la capacidad de infiltración de terreno no sea inferior al caudal proporcionado por el emisor para evitar encharcamientos. Esta limitación, una vez seleccionado el caudal del emisor, afectaría al tiempo de riego en la medida en la que podría imponer tiempos elevados si existen limitaciones en cuanto a la infiltración.

Capacidad del terreno para absorber el agua: es el reservorio de poros en los que el agua se encuentra a disposición de las plantas. Si el agua aportada excede de dicho volumen de almacenamiento el terreno se encharcará generando problemas sobre la plantación.

Profundidad de las raíces: este hecho condiciona en combinación con el anterior puesto que permitirá calcular la lámina de riego que puede aportarse a un determinado terreno en el que se ha implantado un cultivo.

Limitaciones temporales: en ocasiones la ejecución de los riegos está limitada a determinadas franjas horarias con lo que el tiempo de riego deberá ser tal que la duración del riego del conjunto de sectores proyectados no exceda del cómputo total de horas disponibles. Esta restricción es frecuente en riego de zonas verdes o entornos urbanos en los que tiende a regarse en horas de poca afluencia. Analizaremos esta limitación también en el apartado siguiente referido a la sectorización de la instalación.

Una vez establecido el tipo de goteros, se procede a calcular la frecuencia y duración de los riegos para garantizar las necesidades netas.

Las necesidades totales determinan el agua necesaria en el riego, la cual viene determinada por el caudal del emisor, el número de emisores y el tiempo de trabajo.

Cada gotero riega, según su marco, una superficie de (0,6 m x 3,5 m) 2 m². De esta manera, si tiene un caudal de 2 l/h, reparte los 2 l en la superficie del marco, lo que da un resultado de 1,00 l/m² y hora. Si este valor se multiplica por el marco de plantación (3,5 x 1,25), se obtiene que el gotero aporta 4,38 l/árbol y hora. Para calcular el tiempo de riego se divide el aporte real entre el caudal del emisor.

A continuación, se expone la Tabla 7, donde se calcula el tiempo de riego necesario para cubrir las necesidades del árbol, entre otras necesidades.

Tabla 7. Cálculo del tiempo de duración del riego.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Necesidades netas Nn (mm)	16,75	28,82	46,02	57,97	65,96	60,85	36,81	22,83	13,19
Aportes reales Nt (mm)	24	41,29	65,93	83,05	94,49	87,13	52,74	32,71	18,89
Aporte real (l/almendro y mes)	105,12	180,85	288,77	363,76	413,86	381,63	231	143,27	82,74
Aporte real (l/almendro y día)	3,39	6,02	9,32	12,13	13,35	12,3	7,7	4,62	2,76
Aporte (m ³ /ha y mes)	241,78	415,96	664,17	836,65	951,88	877,75	531,3	329,52	190,3
Aporte (m ³ /ha y día)	7,8	13,87	21,42	27,89	30,70	28,31	17,7	10,63	6,34
Caudal riego (mm/h)	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,960	0,96	0,96	0,96
Tiempo de riego (h/mes)	36,54	62,89	100,42	126,5	143,93	132,78	80,32	49,80	28,78
Tiempo de riego (h/día)	1,18	2,10	3,24	1,93	4,64	4,28	2,59	1,66	0,92

Para su cálculo:

- Nt: Cálculo de las necesidades de riego totales.
- Aporte real mes = Nt x Marco de plantación (3,5 x 1,25)
- Aporte real día = Aporte real mes / N° días de dicho mes
- Caudal de riego = (caudal del emisor (2 l/h) x 2,1 emisores/árbol) / Marco de plantación.
- Tiempo de riego mes = Aporte real mes / N° de goteros por árbol (2,1)
- Tiempo riego diario = Tiempo de riego mes / N° días de dicho mes

6.3. Dimensionado del depósito

En la parcela se va a instalar un depósito de agua, cuyo llenado se realizará bombeando el agua de un pozo, ya en funcionamiento, con una profundidad de 90 m. Hemos tomado la decisión de instalar el depósito para facilitar las labores de riego, debido a que así habrá un caudal constante y no tendremos la necesidad de bombear agua cada vez que el cultivo necesite aportes hídricos, solamente bombearemos para llenar la balsa y tener agua disponible. Para proceder al dimensionado, elegimos el mes con mayor necesidad de agua por parte del cultivo (julio) y calculamos los aportes que necesita el cultivo.

Tabla 8. Aporte necesario de agua durante el mes de julio.

Periodo	Aporte (1 ha)	Aporte (23,3 ha)
Diario	30,70 m ³	715,31 m ³
Mes	951,7 m ³	22.174,6 m ³

En la Tabla 8 se muestran los aportes diarios que precisa la parcela (715,31 m³). Se opta por instalar un depósito de 2.000 m³, que permita tener agua almacenada para regar 3 días sin necesidad de bombear. No obstante, en los meses de verano el bombeo será continuo para abastecer el depósito por parte del pozo.

6.4. Cálculo de número de sectores necesario

Existen diferentes razones por las cuales no es eficiente regar de forma simultánea todo el cultivo: las hay de índole económico (coste de instalación o de operación), energético (potencia a disponer en los equipos de bombeo), hidráulico (equilibrios de presiones, dimensiones de las conducciones) o del cultivo (diferentes tipos de cultivo con necesidades distintas), etc. Pero además de las razones de índole técnicas o económicas, las hay de orden legal, en forma de reglamentos que limitan la duración de los riegos y con ello el número y características de los sectores. En la mayoría de las ocasiones, el proceso de sectorización se realiza en varias etapas sucesivas y los condicionantes propios de cada proyecto imponen la solución, que en ocasiones será única, pero que a menudo será la óptima de entre un conjunto de alternativas posibles.

En riego por goteo a los bloques se les denominan unidades de riego. Las unidades pueden estar divididas en varias subunidades o superficies más pequeñas. Se suelen agrupar las subunidades que maniobran dentro de un mismo turno de riego. Dependiendo del diseño de la instalación de riego, el control de la unidad puede hacerse sobre las subunidades en conjunto o bien cada subunidad puede controlarse de manera independiente.

Existen también consideraciones de diseño hidráulico que limitan también en gran medida la sectorización en forma de coeficientes de uniformidad, de equilibrio de caudales dentro de una instalación o de reparto de presiones de manera que el comportamiento hidráulico sea adecuado.

Si bien normalmente se utiliza la fórmula siguiente para calcular el número de sectores de riego:

$$N^{\circ} \text{ de sectores} = Q_n/Q_a$$

dónde:

- Q_n : Caudal necesario
- Q_a : Caudal disponible

Al disponer de un depósito y no ser limitante el caudal disponible, se optará por dividir la finca en tres grandes bloques de riego, dimensionando la tubería de distribución para regar un tercio de la finca. Se definen, pues, 3 sectores, con 2 unidades de riego cada uno, atendiendo a la situación, altitud y forma de la parcela.

7. RESUMEN DEL DISEÑO AGRONÓMICO

El periodo de actividad vegetativa para las variedades de almendro *Vialfas* y *Lauranne*, en la provincia de Teruel (concretamente en la zona de Monreal del Campo), comienza a partir del mes de marzo y finaliza justo durante la caída de la hoja, en el mes de noviembre. Se comenzará a regar a mediados del mes de marzo, ya que en febrero existe una reserva

importante en el suelo y tenemos suficientes precipitaciones para abastecer la demanda del árbol. La recogida de la almendra se va a realizar a primeros de octubre y, como ya se ha citado antes, conviene realizar algún aporte de agua después de la recolección para satisfacer las demandas del árbol y favorecer una acumulación de sustancias de reservas adecuada, que garantizará una adecuada brotación en la siguiente campaña.

Por lo tanto, el calendario de riegos comenzará el día 15 marzo y cesará el 15 de noviembre.

Las necesidades hídricas irán en función de la producción y tamaño del árbol, por lo que el primer año serán del 25% de las necesidades totales, el segundo del 50%, el tercero del 75%, el 4º año del 90% y a partir del 5º, del 100%.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Monge Rodondo MA. Diseño agronómico e hidráulico de riegos a presión. Española EA, editor2018.

ANEJO 9

DISEÑO HIDRÁULICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. INSTALACIÓN	1
2.1. Elementos de la instalación	1
3. CONSIDERACIONES INICIALES.....	2
4. DIMENSIONAMIENTO DE LATERALES Y TERCARIAS.....	2
4.1. Sector 1	3
4.2. Sector 2	5
4.3. Sector 3	6
5. CÁLCULO TUBERÍA PRINCIPAL	7
6. PROGRAMACIÓN DE RIEGO.....	8
7. CABEZAL DE RIEGO.....	9
7.1. Grupo electrógeno	9
7.2. Sistema de filtrado.....	9
7.3. Equipo de fertirrigación	10
7.4. Válvulas de manejo.....	10
7.5. Válvulas de lavado	11
7.6. Elementos de medida	11
7.6.1. Manómetro	11
7.6.2. Contador	12
7.7. Programador de riego.....	12
7.8. Elementos singulares.....	12
8. DEPÓSITO DE AGUA	12
9. RESUMEN DEL DIMENSIONADO DE LA RED HIDRÁULICA	13
10. BIBLIOGRAFÍA	14

1. INTRODUCCIÓN

Para dimensionar el sistema de tuberías a emplear en el riego localizado, partiremos de los datos obtenidos en el Anejo de Diseño Agronómico, junto con el mapa de curvas de nivel.

En este Anejo seleccionaremos los diámetros y trimbrajes de la red de tuberías, ya sean laterales, tuberías terciarias, tuberías secundarias o de distribución.

Una vez dimensionada la red de distribución, calcularemos el diámetro de la tubería necesaria para transportar el agua almacenada en la balsa de riego hasta los filtros, y las características que tendrán que tener dichos filtros para lograr un correcto funcionamiento del sistema de riego localizado de alta frecuencia.

2. INSTALACIÓN

En el diseño hidráulico se determina en primer lugar la unidad de riego, donde se tiene en cuenta la tolerancia de presiones y caudales, pérdidas de carga, longitudes y diámetros de tuberías laterales y terciarias, como luego veremos.

Posteriormente se determina el trazado de la red, válvulas, accesorios, y, por último, la composición del cabezal de riego. En general se diseñará de tal manera que no se concentren los caudales durante las operaciones de riego en una zona determinada de la finca con la finalidad de emplear menores diámetros de tuberías.

Distinguiremos entre tuberías laterales (aquéllas que portan los emisores de riego o goteros) y tuberías terciarias (que distribuyen el caudal a las tuberías laterales); las tuberías laterales se conectan a las terciarias formando las unidades de riego. Tendremos también las tuberías secundarias o de distribución en parcela, que suministran caudal a las tuberías terciarias, y, por último, las tuberías principales que conectan la toma de caudal con las distintas tuberías secundarias.

En el cabezal de riego se sitúa la toma de agua, el equipo de bombeo, el equipo de filtrado, así como el dispositivo de fertirriego y la instalación para inyectar la fracción líquida del purín explicada en el Anejo 10. En la entrada a las unidades de riego se encuentra la válvula o la electroválvula y en cada unidad puede instalarse, si se necesita, un regulador de presión, que puede ir combinado en la válvula (válvula reductora de presión).

2.1. Elementos de la instalación

Debemos definir los elementos que componen la instalación de riego, los cuales son:

- Cabezal de riego: Es el conjunto de sistemas que permiten que el agua llegue a los emisores de riego en las condiciones que se requieren. En el cabezal de riego se incluyen: equipo de bombeo, equipo de filtrado, equipo de inyección de fertilizantes y equipo de control.
- Emisores: son los elementos que aplican el agua. Es preciso evitar las obturaciones de los mismos.

- Tubería secundaria: su misión es la de conducir el agua y transportarla hasta los goteros. El material utilizado será el PVC (policloruro de vinilo).
- Porta ramal o terciaria: es la tubería que alimenta a los laterales. Al principio de esta se coloca una válvula de control automático que da lugar a una subunidad de riego.
- Ramal o portaemisores: también conocido como lateral, son tubería de último orden a las que se van acoplado los goteros. El material utilizado será el PE (polietileno).
- Válvula de lavado: lava de forma automática el lateral de goteo al comienzo de cada riego, para así evitar obturaciones. En nuestro caso, al enterrar los portarramales, tiene especial importancia.

3. CONSIDERACIONES INICIALES

Es preciso indicar que se va a instalar en la finca un depósito de 2.000 m³ de capacidad. Su llenado se realizará mediante un pozo y además contará con aportes pluviométricos, debido a que se encuentra descubierto. La caseta de riego ya está construida, donde se instalará un sistema de fertirrigación con 5 depósitos y una bomba de pistón para incorporar a la salida de los filtros que dimensionemos para este sistema.

La orografía de la finca, con cierto desnivel (aproximadamente unos 15 m), hace que se requiera de la utilización de diversos tamaños de tuberías terciarias y laterales.

Para el cálculo se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- La finca se compone de 3 sectores de riego, con dos zonas cada uno. Además, cuenta con una electroválvula independiente para cada zona, con lo que en total se dispondrá de 6 electroválvulas.
- El marco de plantación de los almendros es de 3,5 m x 1,25 m.
- El número aproximado de árboles por hectárea es de 2300.
- Se instalará un lateral de riego por cada fila de árboles, con una separación entre emisores de 0,60 m, lo que equivale a 2 emisores/árbol.
- El tiempo de riego disponible para cada sector es de 4,5 h, regando el 33% de la finca y considerando la situación más desfavorable (es decir, para los máximos requerimientos hídricos, calculados en el anejo de diseño agronómico), sin sobrepasarse el criterio de, como máximo, 18 h/día de riego.
- Las tuberías se calcularán teniendo en cuenta el siguiente criterio de velocidad: 1,5 m/s en la tubería principal y de 2 m/s en las tuberías laterales (líneas de goteros).

4. DIMENSIONAMIENTO DE LATERALES Y TERCIARIAS

La finca se ha dividido en tres sectores, teniendo los tres la misma superficie (aproximadamente 7,7 ha), como se puede observar en el apartado de planos. El dimensionamiento de los laterales y las tuberías terciarias de cada sector se realizará siempre para la situación más desfavorable. Este dimensionamiento conservador del sistema de riego debería garantizar un correcto funcionamiento, ya que los desniveles en la parcela son considerables.

Antes comenzar con los cálculos, que se efectuarán con el *software* Aqua, considerando una presión de funcionamiento nominal de 30 mca, debemos asignar cuales van a ser las pérdidas de carga máximas permitidas.

$$\Delta H_{\text{total}} = (0,1/x) \times H_{\text{nominal}} = (0,1/0,3) \times 30 = 10 \text{ mca}$$

Donde se ha supuesto que el exponente de descarga de los goteros autocompensantes fuese $x = 0,3$ (ya que este tipo de emisores tienen un coeficiente de descarga que varía de cero a 0,3). De la pérdida de carga total, se buscará que se reparta de forma equitativa entre lateral y terciaria, y se propone que -en la unidad de riego- debería producirse aproximadamente un 45% de la pérdida de carga en la tubería terciaria y el 55% restante en la tubería lateral.

4.1. Sector 1

En el sector uno partimos de las siguientes premisas:

- Longitud de la tubería lateral más desfavorable: 216 m de longitud; 5 m de desnivel.
- Tubería terciaria más desfavorable : 179,54 m de longitud; 0 m de desnivel

Figura 1. Diseño de la tubería lateral del sector 1.

Podemos comprobar como la variación de pérdida de carga admisible es mayor que la pérdida de carga en la lateral (Figura 2).

Figura 2. Presiones tubería lateral, sector 1.

A continuación, procedemos a calcular tubería terciaria del sector 1:

Diseño de terciaria

Datos

Longitud terciaria	178	m
Espaciamiento entre lateral	3,5	m
Caudal de la lateral	720	l/h
Desnivel	0	m
H _i Lateral	5,03	m.c.a
Variación de carga permitida (H _m)	10	m.c.a
h _e Lat	36,27	m.c.a
Elevador	0	m

Material a utilizarse: **PVC 40mm x Dno 125mm 146**

Valor a usar: **146**

Constante Material

- ☐ B=1.750 - Blasius, Cruciani-Margaritora
- ☐ B=1.760
- ☐ B=1.786 - Scimemi
- ☒ B=1.800 - Iso, Veronesi-Date
- ☐ B=1.850 - Hazen-Williams
- ☐ B=1.852
- ☐ B=1.900 - Scobey
- ☐ B=2.000 - Manning, Darcy-Weisbach

Factor de Christiansen

- ☐ Exp
- ☐ Inicio Lateral
- ☐ Exp/2

Calcular
Calcular h_{FT}
Prestiones
Botar
Salir

MODULO

Resultados

Longitud Tubería Terciaria	89,00	m
Numero de lateral (Nl)	50,00	laterales
Longitud real de la tubería terciaria (L _{rt})	85,75	m
Caudal de la tubería terciaria (Q _T)	36,00	m ³ /h
Caudal Modulo (Q _M)	72	m ³ /h
Factor Christiansen (Fch)	0,362	
Variación de carga permitida de la terciaria (H _m)	5,00	m.c.a
Diametro Adecuado (D _i)	93,87	mm
Diametro Interno Exacto (D _i) - Ingresar Catálogo	101,5	mm
Perdida Terciaria (h _{FT})	3,760	m.c.a

Figura 3. Diseño tubería terciaria sector 1.

Elección de tuberías:

Laterales de riego

Para los laterales de riego hemos elegido una tubería de PE con DN: 20 mm, espesor: 1 mm, PN: 2,5-3,5 atm.

Tubería terciaria

Según el programa Aqua, el diámetro interno mínimo recomendado para el inicio de nuestra tubería terciaria es 93,87 mm (Figura 3), por lo que si vamos al catálogo comercial la primera tubería que cumple este criterio es:

- Tubo PVC junta elástica, DN: 110 mm, PN: 10 atm

Una vez elegido el inicio de nuestra tubería (conectada a la válvula de manejo), el siguiente paso es la reducción del diámetro, por cuestión de economía. Reduciremos los diámetros hasta la tubería comercial con menor diámetro, con la característica de unión por junta elástica, debido a que es un requisito marcado por la empresa de montaje.

- Tubo PVC junta elástica, DN: 90 mm, PN: 6 atm
- Tubo PVC junta elástica, DN: 75 mm, PN: 6 atm
- Tubo PVC junta elástica, DN: 63 mm, PN: 6 atm

4.2. Sector 2

En el sector 2 partimos de las siguientes premisas:

- Lateral más desfavorable: 178 m de longitud; -5 m de desnivel.
- Tubería terciaria más desfavorable: 221 m de, longitud; 0 m de desnivel.

DISEÑO LATERAL (Darcy-Weisbach)

Datos:

- Longitud de la lateral: 178 m
- Espaciamiento entre emisores: 0.6 m
- Caudal del emisor: 2 l/h
- Diámetro Externo: 19.5 mm
- Diámetro Interno: 17.5 mm
- Presión de Operación (ha): 25.33 m.c.a
- Variación de carga permitida (Hm): 6 m.c.a
- Elevador: 0 m
- Desnivel(z): -5 m

Constante Material:

- ☒ B=1.750 - Blasius, Cruciani-Margaritora
- ☐ B=1.760
- ☐ B=1.786 - Scimemi
- ☐ B=1.800 - Iso, Veronesi-Dalle
- ☐ B=1.850 - Hazen-Williams
- ☐ B=1.852
- ☐ B=1.900 - Scobey
- ☐ B=2.000 - Manning, Darcy-Weisbach

Factor de Christiansen:

- ☒ Esp
- ☐ Inicio Lateral
- ☐ Esp/2

Botones: Calcular, Presiones, Borrar, Salir

Diagrama: MODULO, Válvula, Lateral 178 m

Resultados:

- Numero de emisores (N_{te}): 296.00 emisores
- Longitud real de la tubería (L_r): 177.30 m
- Caudal de la lateral (Q_{lat}): 592.00 l/h
- Caudal de la lateral (Q_{lat}): 0.592 m³/h
- Factor - Christiansen (No. de emisores): 0.365
- Numero de Reynolds: 11.929.30743
- Gradiente hidráulico (J): 0.042 m/m
- Pérdida de carga de la tubería lateral (h_{tl}): 2.99 m.c.a

Figura 4. Diseño de la tubería lateral del sector 2.

DISEÑO TERCIARIA

Datos:

- Longitud terciaria: 220 m
- Espaciamiento entre lateral: 3.5 m
- Caudal de la lateral: 592 l/h
- Desnivel: 0 m
- h_f Lateral: 2.99 m.c.a
- Variación de carga permitida (Hm): 10 m.c.a
- h_e Lat: 24.74 m.c.a
- Elevador: 0 m

Material a utilizar: PVC 40mm-Drø-125mm 146

Constante Material:

- ☒ B=1.750 - Blasius, Cruciani-Margaritora
- ☐ B=1.760
- ☐ B=1.786 - Scimemi
- ☐ B=1.800 - Iso, Veronesi-Dalle
- ☐ B=1.850 - Hazen-Williams
- ☐ B=1.852
- ☐ B=1.900 - Scobey
- ☐ B=2.000 - Manning, Darcy-Weisbach

Factor de Christiansen:

- ☒ Esp
- ☐ Inicio Lateral
- ☐ Esp/2

Botones: Calcular, Calcular HFT, Presiones, Borrar, Salir

Diagrama: MODULO, Terciaria 220 m, Terciaria 110 m, Válvula

Resultados:

- Longitud Tubería Terciaria: 110.00 m
- Numero de lateral (N_l): 62.00 laterales
- Longitud real de la tubería terciaria (L_r): 106.75 m
- Caudal de la tubería terciaria (Q_t): 36.70 m³/h
- Caudal Módulo (Q_t): 73.4 m³/h
- Factor Christiansen (Fch): 0.365
- Variación de carga permitida de la terciaria (Hm): 8.00 m.c.a
- Diámetro Adecuado (D_i): 89.93 mm
- Diámetro Interno Exacto (D_i) - Ingresar Catálogo: 101.5 mm
- Pérdida Terciaria (h_t): 5.100 m.c.a

Figura 5. Diseño tubería terciaria del sector 2.

Laterales de riego

Para los laterales de riego hemos elegido una tubería de PE, DN: 20 mm, espesor: 1 mm, PN: 2,5-3,5 atm.

Tubería terciaria

Según el programa *Aqua*, el diámetro interno recomendado para el inicio de nuestra tubería terciaria es 89,93 mm (Figura 5), por lo que si vamos al catálogo comercial la primera tubería que cumple este criterio es:

- Tubo PVC junta elástica, DN: 110 mm, PN: 10 atm

Una vez elegido el inicio de nuestra tubería (conectada a la válvula de manejo), el siguiente paso es la reducción del diámetro, por cuestión de economía. Reduciremos los diámetros hasta la tubería comercial con menor diámetro, con la característica de unión por junta elástica:

- Tubo PVC junta elástica, DN: 90 mm, PN: 6 atm
- Tubo PVC junta elástica, DN: 75 mm, PN: 6 atm
- Tubo PVC junta elástica, DN: 63 mm, PN: 6 atm

4.3. Sector 3

En este caso:

- Lateral más desfavorable: 168 m de longitud; -5 m de desnivel.
- Tubería terciaria más desfavorable: 212 m de longitud; 0 m de desnivel.

Figura 6. Diseño de la tubería lateral del sector 3.

Figura 7. Diseño de la tubería terciaria del sector 3.

Laterales de riego

Para los laterales de riego hemos elegido una tubería de PE, DN: 20 mm, espesor: 1 mm, PN: 2,5-3,5 atm.

Tubería terciaria

Según el programa Aqua, el diámetro interno recomendado para el inicio de nuestra tubería terciaria es 98,82 mm (Figura 7), por lo que si vamos al catálogo comercial la primera tubería que cumple este criterio es:

- Tubo PVC junta elástica, DN: 110 mm, PN: 10 atm

Una vez elegido el inicio de nuestra tubería (conectado a la válvula de manejo), el siguiente paso es la reducción del diámetro:

- Tubo PVC junta elástica, DN: 90 mm, PN: 6 atm
- Tubo PVC junta elástica, DN: 75 mm, PN: 6 atm
- Tubo PVC junta elástica, DN: 63 mm, PN: 6 atm

5. CÁLCULO TUBERIA PRINCIPAL

Se determinará el diámetro mediante el programa *Aqua*, teniendo en cuenta el criterio de velocidad en la tubería principal del 1,5 m/s.

Se dispone de una tubería principal dividida en tres tramos:

Diseño Tubería Principal

Tubería Principal

Datos

He Terc: 38.86 m.c.a. Zanja: 0.85 m.

Q. Módulo: 72 m³/h Válvula: 0.7 m.c.a.

Velocidad: 1.5 m/s Nº Tramos: 3

Material a utilizarse: PVC Dn:125mm 150

Valor a usar (C): 150

Calcular Diámetro

Resultados

Diámetro Exacto: 130.23 mm

Longitud (m)	Di (mm)	Hf (m)	Desnivel (m)	He (m)
233	129.2	3.80	1.5	4.80
176	129.2	2.87	0	2.87
185	129.2	3.02	2.5	5.02

Calcular He

Borrar

Salir

Resultados

He total: 50.69 m.c.a.

Figura 8. Calculo de la tubería principal.

Tras los pertinentes cálculos, el programa nos calcula el valor del diámetro: 130,23 mm (Figura 8). Consultando el catálogo comercial, seleccionamos una tubería que cumpla ese criterio y con las siguientes características técnicas:

- Tubo PVC junta elástica, DN: 140 mm, PN: 10 atm

6. PROGRAMACIÓN DE RIEGO

Antes de proceder al diseño de las tuberías de distribución, procede resumir la programación de riegos que se ejecutará en la parcela, tomando las máximas necesidades del cultivo.

Esta programación se basará en un sistema de turnos, buscando regar de forma simultánea aproximadamente un 33% de la finca, como se puede ver en la Figura 9, donde aparecen los tres sectores de riego.

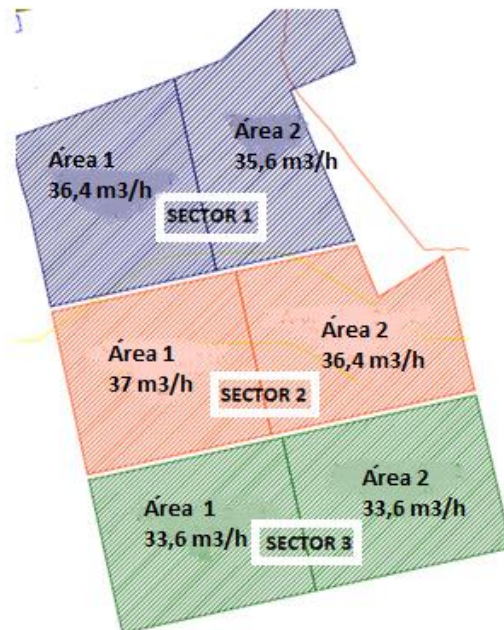


Figura 9. Sectores de riego y sus caudales.

La programación de riegos está orientada a optimizar la tubería de suministro que baja del depósito de agua, calculándose para la máxima demanda hídrica que se produce en el sector número 2 (73,4 m³/h). La finca dispone de un grupo electrógeno para llenar la balsa y este mismo grupo será el que suministre la energía para aumentar la presión, si fuera necesario.

Tabla 1. Turnos de riego.

Turno	Sector	Superficie regada (ha)	Presión inicio tub. principal (He, mca)	Q áreas (m³/h)	Q sector (m³/h)
Primero	Área 1	3,8	30,12	36,4	72
	Área 2	3,8		35,6	
Segundo	Área 1	3,8	25,49	37,0	73,4
	Área 2	3,8		36,4	
Tercero	Área 1	3,8	27,49	33,6	67,2
	Área 2	3,8		33,6	

7. CABEZAL DE RIEGO

El cabezal de riego está constituido por el sistema de filtrado, el equipo de fertirrigación, los equipos de impulsión, llaves de paso, manómetros y contador para el control del uso del agua.

Debemos calcular las características del cabezal, con el caudal y la presión de agua necesaria que necesita el agua para llegar de manera correcta.

- El mayor caudal necesario para regar es $73,4 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Para determinar la presión que debe llevar el agua para compensar las pérdidas de carga que ocurren a lo largo de toda la instalación, se tomará el sector 1, que es el más alejado del cabezal de riego.

Tabla 2. Calculo potencia de bombeo, programa Aqua.

The screenshot shows a software window titled 'Cabezal de Riego'. It is divided into two main sections: 'Datos' (Data) on the left and 'Resultados' (Results) on the right. The 'Datos' section contains a list of input parameters with their values and units. The 'Resultados' section shows the calculated total head and pump power, along with three buttons: 'Calcular', 'Borrar', and 'Salir'.

Datos			Resultados	
Caudal Modulo :	73,4	m ³ /h	Total:	72 m.c.a
Hi Tubería Principal:	50,69	m.c.a	Potencia de Bomba:	42 Hp
Eficiencia de bombeo	70	%		
Perdida de carga de la válvula check.	0,7	m.c.a		
Perdida de carga por medidor de agua	0,3	m.c.a		
Perdida de carga de filtros de disco	2,5	m.c.a		
Perdida de carga en filtros de grava	0	m.c.a		
Perdida de carga por accesorios	1,5	m.c.a		
Perdida extra de retrolavado	3	m.c.a		
Desnivel	15	m.c.a		
Otras Perdidas	1	m.c.a		

Se observa que el equipo de bombeo ya existente cumple los requisitos calculados por el programa Aqua (Tabla 2) en el apartado del cálculo de la potencia de bombeo, por lo que no será necesario reemplazarlo.

7.1. Grupo electrógeno

La finca del proyecto cuenta con un grupo electrógeno (anterior uso ganadero), debido a la excesiva distancia a un punto de corriente pública y la incapacidad de la zona para dar electricidad a través de placas solares para el suministro de la instalación de una manera económica.

Para cumplir las necesidades eléctricas de la explotación se necesita un grupo electrógeno de 30 kW, con una tensión de salida de 220/380 V, funcionando a 1500 rpm con combustible diésel. Se suministrará de combustible a partir de un depósito de combustible de 1000 L.

La caseta de riego es donde se encuentra ubicado el grupo, y está acondicionada con las salidas de humos y entradas de aire marcadas por la legislación.

7.2. Sistema de filtrado

El equipo de filtrado puede constar de uno o varios elementos, dependiendo del tipo de filtrado (filtro de arena, malla, anilla o hidrociclones). En nuestro caso, se va a realizar para evitar partículas mayores de 0,08 mm (80 μm), debido a que trabajaremos con purín y no queremos obturaciones en los goteros.

En el caso del proyecto, se va a emplear un hidrociclón, debido a que el agua proviene de un pozo. Este filtro permite la retención de partículas con peso específico superior al agua, como la arena, por efecto de la fuerza centrífuga que se ejerce sobre el flujo que penetra en el filtro. Las pérdidas de carga que se producen estarán entre 2-3 mca dependiendo del caudal de agua que circule por el filtro.

Situado después del hidrociclón, se instalara como filtro secundario un filtro de malla. La pérdida de carga que sufre el flujo de agua ($73,4 \text{ m}^3/\text{h}$) a su paso por el filtro de malla elegido se sitúa en aproximadamente 1,5 mca cuando se encuentre limpio.

Como también disponemos de un sistema de inyección de fertilizantes (fertirrigación), el filtro de malla (Figura 10) lo situaremos después del equipo de dosificación para impedir que pase fertilizante no disuelto a través del filtro.

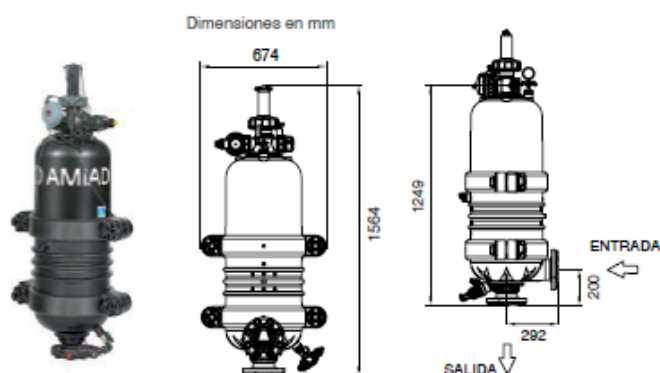


Figura 10. Filtro de malla Sigma Pro (1).

7.3. Equipo de fertirrigación

En nuestra hidrante, el equipo de fertirrigación lo forma la bomba inyectora de fertilizante junto a 5 depósitos anexos a esta. Los depósitos se encargan de almacenar las soluciones de fertilizante compuesto soluble que se van a aplicar en la red cuando las necesidades de los árboles lo requieran.

El depósito es de polietileno, material resistente a la corrosión que algunos fertilizantes puedan ocasionar. Se ha escogido una bomba inyectora como sistema de inyección de fertilizante.

7.4. Válvulas de manejo

En la parcela es preciso colocar válvulas 3 de vías en cada sector con el fin de poder regular la apertura y cierre de agua en cada uno de ellos de forma independiente. Estas van situadas entre la tubería principal y la terciaria del sector que queremos regular.

Dichas válvulas son especialmente diseñadas y construidas para funciones de regulación hasta altas presiones. En nuestro caso se han elegido las válvulas hidráulicas, ya que han sido concebidas para funciones más sencillas en baja presión. Se trata de una válvula con diafragma integral compuesto por varias capas de caucho natural y fibra de nylon, que abre y cierra mediante la presión del agua existente en la red. Cabe destacar su simplicidad constructiva, que elimina prácticamente el mantenimiento. La apertura y cierre de este dispositivo es

accionada por unos micro tubos de polietileno que se entierran junto a la red principal de riego y son accionados por unos solenoides situados en el hidrante de riego.

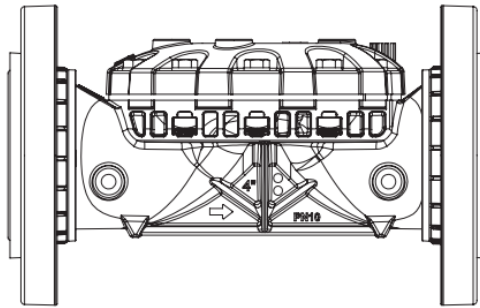


Figura 11. Válvula de manejo Gal® serie 75 (1).

7.5. Válvulas de lavado

Las válvulas antisifón (Figura 12) son indispensables en instalaciones de goteo subterráneo ya que aumentan la eficiencia de funcionamiento del sistema y alargan su vida útil. Permiten la limpieza de la suciedad de las líneas hasta alcanzar la presión de riego, lo que ayuda a prolongar la vida del gotero evitando obstrucciones y manteniendo un riego uniforme en toda la línea.

Su instalación es sencilla, ya que se conectan al collarín en la tubería de PE o con accesorio conector roscado para tubería de goteo. La limpieza de la línea se realiza antes de cada riego para evitar que los goteros se obturen con los sedimentos que pueda haber en la tubería.



Figura 12. Válvula antisifón con rosca (1) .

7.6. Elementos de medida

7.6.1. Manómetro

Es un dispositivo de control de la presión entre dos puntos del sistema. Debemos conocer la presión para evitar problemas en los equipos. Tenemos que colocar manómetros antes y después de los filtros, para conocer momento idóneo para realizar la limpieza de los mismos. También colocaremos uno en cada válvula de manejo. El manómetro que usaremos es un manómetro de riego de glicerina de 0 a 10 atm, resistente a caídas de presión accidentales y a golpes de ariete.

7.6.2. Contador

Es un elemento de medida de la cantidad de agua consumida, debe localizarse entre los sistemas de filtrado. El contador que instalemos debe admitir el caudal que va a pasar por ambos filtros. Las pérdidas de carga en el contador son mínimas, por lo que no se tienen en cuenta.

7.7. Programador de riego

Se colocará un programador de riego que nos permita controlar los turnos de riego descritos anteriormente, así como la puesta en marcha del motor -cuando se necesite bombear agua para el llenado del depósito- y la bomba de fertirrigación. El modelo de fertirrigación permite el ajuste del tiempo de inyección de fertilizantes para cada sector de riego.

7.8. Elementos singulares

Los elementos singulares son aquellos dispositivos (uniones, codos, etc.) que permiten realizar uniones entre tuberías y conectar estas con todos los puntos de la parcela.

- La unión entre tuberías de PVC se realizará mediante junta elástica para diámetros de tubo mayores o igual a 63 mm de diámetro y por encolado en diámetros inferiores. Para el caso de PE, las uniones son llevadas a cabo mediante juntas mecánicas.
- Cada tubería terciaria de cada sector tendrá una llave de limpieza al final de la misma, que permitirá vaciar por completo todo el sistema de tuberías.
- Se instalará una válvula antisifón para cada lateral de riego, evitando así posibles obturaciones.

8. DEPÓSITO DE AGUA

Se ha tomado la decisión de instalar el depósito para facilitar las labores de riego debido a que, gracias a su instalación, habrá un caudal constante de agua y no tendremos la necesidad de bombear cada vez que el cultivo necesite aportes hídricos, solamente bombearemos para llenar la balsa y tener agua disponible. De esta forma, el abastecimiento de agua será continuo y tendremos un margen de maniobra más amplio.

Procedemos a instalar un depósito de 2.000 m³. El cálculo de la capacidad necesaria se detalla en el Anejo 8. El depósito tiene las siguientes características técnicas:

Es un depósito metálico para almacenamiento de agua. La estructura es de chapa ondulada de acero galvanizado Z600, y la cimentación consta de una lona sobre un lecho de arena y un zuncho perimetral exterior. Es modular, lo que significa que se puede ampliar, trasladar, añadir cubiertas y accesorios.

Nuestras medidas, tomando como referencia la Figura 13, son:

- Ø (diámetro): 28,26 m
- C (altura): 3,36 m
- Capacidad total: 2.058,81 m³

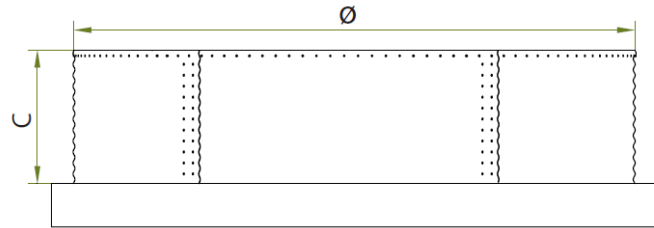


Figura 13. Dimensiones del depósito (2).

9. RESUMEN DEL DIMENSIONADO DE LA RED HIDRÁULICA

En la Tabla 3, una vez calculadas todas las pérdidas de carga del sistema, procedemos a dimensionar las tuberías empleadas en cada sector y los metros que necesitamos de cada tipo.

Tabla 3. Resumen de las tuberías utilizadas en cada sector y los metros empleados.

Sector	Lateral	Terciaria	Distribución
1	PE DN: 20 mm PN: 3,5 atm e: 1 mm 21.745 m	PVC 110 mm 6 atm 15 m	PVC DN: 140 mm PN: 10 atm 185 m
		PVC 90 mm 6 atm 42 m	
		PVC 75 mm 6 atm 86 m	
		PVC 63 mm 6 atm 441 m	
2	PE DN: 20 mm PN: 3,5 atm e: 1 mm 20.668 m	PVC 110 mm 6 atm 15 m	PVC DN: 140 mm PN: 10 atm 178 m
		PVC 90 mm 6 atm 52 m	
		PVC 75 mm 6 atm 98 m	
		PVC 63 mm 6 atm 267 m	
3	PE DN: 20 mm PN: 3,5 atm e: 1 mm 20.160 m	PVC 110 mm 6 atm 15m	PVC DN: 140 mm PN: 10 atm 223 m
		PVC 90 mm 6 atm 56 m	
		PVC 75 mm 6 atm 104 m	
		PVC 63 mm 6 atm 258 m	

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Riegos Iberia Regaber SA. Tarifa de precios y catálogo de productos In: Holding GM, editor. Parets del Vallés2019.
2. group As. Depósitos de agua y datos técnicos. Villarta de San Juan, Ciudad Real.2020.

ANEJO 10

SEPARACIÓN DEL ESTIÉRCOL PORCINO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO E IMPORTANCIA EN EL PROYECTO.....	1
3. INSTALACIÓN	2
4. PROCESO DE SEPARACIÓN	7
5. MANTENIMIENTO	9
6. COSTES DERIVADOS DEL USO.....	10
7. BIBLIOGRAFIA	11

1. INTRODUCCIÓN

El uso de fertilizantes orgánicos proporciona una serie de ventajas muy interesantes, que son las siguientes:

- Considerable ahorro de fertilizantes sintéticos.
- Aumento de la fertilidad del suelo.
- Se complementan perfectamente con los abonos minerales.

La puesta en valor de los nutrientes del purín es el objetivo de todos los sectores implicados en la cría del ganado porcino y vacuno. El principal problema que se presenta es que los nutrientes que contienen el purín están diluidos en muchos m³ de agua y resulta caro de transportar.

El aprovechamiento del purín porcino como fertilizante tiene un manejo más complicado que la fertilización mineral. En primer lugar, la composición del purín no es uniforme, sino que presenta una alta variabilidad, por lo que, para un buen ajuste de las dosis, es necesario conocer antes de su aplicación el producto que se está aplicando (es decir, conocer el contenido en nutrientes del purín). Una vez conocida la composición de purín y estimada la dosis, es necesario realizar una aplicación uniforme y eficiente en el campo (1). Al poder inyectar el líquido a través de sistemas de riego por aspersión o por goteo, los costes de transporte antes mencionados se reducen y podemos valorizar los nutrientes que tiene el purín más fácilmente, minimizando las emisiones de gases de efecto invernadero y evitando olores en el momento de la aplicación. Agronómicamente, otro factor importante es que podemos aplicar estos nutrientes cuando el cultivo los necesita.

El diseño de este equipo ha sido posible gracias al proyecto LIFE ARIMEDA.

2. OBJETIVO E IMPORTANCIA EN EL PROYECTO

El purín de cerdo va a jugar un papel muy importante dentro de la plantación, debido a que se va a utilizar como la principal fuente de unidades fertilizantes para nuestros árboles. Su aporte se realizará mediante el sistema de fertirrigación, por lo que previamente debemos separar su fracción sólida de la líquida. Para ello, debemos de instalar un sistema de filtrado que nos permita realizar el proceso de separación. Una parte de la instalación irá colocada en la explotación porcina de la cual el promotor del proyecto se encarga de la gestión del purín, y otra parte en la finca de la plantación.

La separación de las dos fracciones que contiene el purín se puede conseguir utilizando únicamente equipos mecánicos (separación física) o mediante el empleo adicional de agentes químicos (separación físico-química). Ambos son procesos de segregación, que, por sí mismos, no eliminan la presencia en la fracción líquida de un alto contenido de materia orgánica y de nitrógeno en forma soluble. En el purín de cerdo, la mayor parte del nitrógeno queda en esta fracción.

La separación puede ser por decantación natural o mecánica (por gravedad, centrifugación o presión), mediante equipos como tamices, prensas, o filtros. El método físico-químico, con el que se consigue una eficiencia mayor, se utiliza para segregar partículas en suspensión o coloidales, que no sedimentan de forma natural debido a su pequeño tamaño y a la carga superficial negativa que las repele.

Para provocar la separación de las fracciones, se añaden compuestos químicos como coagulantes o floculantes (sales de hierro y aluminio o polielectrolitos, por ejemplo) que neutralizan las cargas eléctricas repulsivas y forman agregados de mayor tamaño y peso (llamados coágulos o flóculos), que permiten la sedimentación por gravedad o la separación por flotación. La principal aplicación de estas técnicas es como tratamiento de inicio, puesto que permite que cada fracción obtenida pueda someterse por separado a otros tratamientos. En cuanto a los inconvenientes, el principal es el coste de los agentes químicos, que puede limitar su uso, y la escasa eliminación de las formas solubles, principalmente de nitrógeno (2).

En nuestro caso, únicamente utilizaremos la separación física, utilizando equipos mecánicos. Una vez separadas, se nos presenta la ventaja de que las fracciones (sólida-líquida) por separado no huelen.

Este anejo se centra en el aprovechamiento de la fracción líquida, pero también debemos dar valor a la fracción sólida, en la que encontramos una gran concentración de nitrógeno y fósforo, ideal para fertilizar la cubierta vegetal de las calles de la plantación. A continuación, procederemos a detallar toda la instalación necesaria para llevar a cabo este proceso.

3. INSTALACIÓN

Para llevar a cabo el proceso de separación del purín, necesitamos previamente instalar todos los componentes necesarios para su tratamiento y almacenaje. Como se ha indicado más arriba, podemos diferenciar dos partes en la instalación: por un lado, la planta de separación colocada en la granja y, por otra parte, los depósitos de recepción de la fracción líquida situados en la plantación. A continuación se detallan los elementos que forman las dos partes de la instalación:

– Instalación granja

Consta de:

- Balsa de purín con buenos accesos en la explotación porcina.
- Agitador de purín accionado por tractor o agitador eléctrico fijo (4 kW) en la balsa, que nos permita homogeneizar las diferentes extracciones que se realicen.
- Bomba extractora de 4 kW, para un desnivel de 7 m (desde el fondo de la balsa a la parte superior del separador). Conecta la balsa con el separador.
- Nivel basado en ultrasonidos: pondrá en marcha el equipo en el momento que la balsa se llene y parará el equipo cuando el nivel de la balsa esté próximo a descubrir la bomba o agitador (siempre con cuadro eléctrico).

Anejo 10: Separación del estiércol de porcino

El objetivo principal de la *planta de separación* para el aprovechamiento en RGS es llegar a separar lo máximo posible, hasta unas 250 μm , para que el equipo de microfiltración de la instalación de riego no se obture. Está formada por los siguientes componentes:

- Separador sólido-líquido modelo Kompack (250 μm): compuesto por una rampa y un separador, los dos con tamiz de 250 μm . Al ser tan fino el separador, es de suma importancia el sensor de destapone que incorporamos, ya que puede ser problemático. Con esta fracción ya podríamos regar por aspersión sin problemas.
- Depósito pulmón: necesario para regular el caudal de entrada a la microfiltración, ya que el rendimiento de los dos equipos no es el mismo. La medida de este depósito puede ser de 2x1x3 m. Su única función es regular el caudal.
- Agitador de 2,2 kW: agitador para la balsa pulmón, ya que en el tenemos muy pocas partículas sólidas (recordemos que este líquido ya viene del separador).
- Bomba ARS 65: bomba de aguas sucias muy robusta para hacer este trasvase.
- Nivel basado en ultrasonidos: como el anterior, arrancará cuando la balsa se encuentre al nivel indicado de arranque y parará siempre por encima de la bomba y el agitador.
- Interruptor de boya: es el segundo elemento de seguridad. En caso que fallara el nivel ultrasónico, este haría sus funciones.

El *equipo de microfiltración* tiene como objetivo llegar a separar hasta 80 o 100 μm . Con un líquido sin partículas superiores de este tamaño ya se puede inyectar a riego por goteo mezclado con agua. Está compuesto por:

- Filtro separador vibrante: Es un tamiz de malla electrosoldada con un filtraje hasta 80 μm , la media necesaria para el riego por goteo. Está compuesto por estructura fija y de fácil desmontaje con 40 boquillas de cono lleno de forma cuadrada. El cuerpo vibrante y la estructura fija del chasis están aisladas a través de 6 amortiguadores elásticos, que tienen la función de evitar que la vibración se transmita hacia la estructura.
- Sistema de limpieza: para conseguir el máximo rendimiento, cada cierto tiempo tenemos que inyectar agua para limpiar los agujeros que habrán quedado taponados. La cantidad de veces la tendremos que regular a través del cuadro eléctrico, y dependerá del tipo de purín y sobre todo de la edad del mismo (cuanto más antiguo, más partículas pequeñas tendrá, por lo que lo tendremos que limpiar con más frecuencia).
- Detector de flujo: este sistema de seguridad consigue que, en caso de salir líquido por la parte del sólido, el equipo se pare.
- Balsa impermeabilizada para almacenar la fracción líquida, lista para ser transportada.
- Solera hormigonada para acumular la fracción sólida.

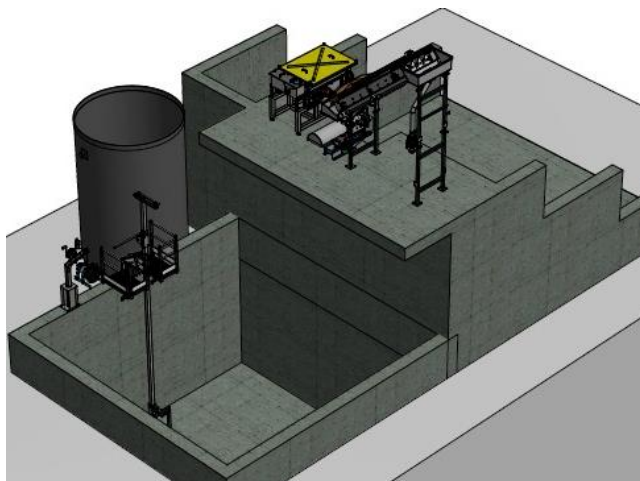


Figura 1. Plano planta de separación en 3 dimensiones.

El cuadro eléctrico controlará el trabajo de los equipos y los sensores, pudiendo funcionar en modo manual y en modo automático.

- En modo manual, todos los equipos se pueden poner en marcha y parar de forma independiente.
- En modo automático, marcaremos un mínimo y un máximo en la balsa de recepción. El máximo siempre estará 1 m por encima de la parte superior del agitador y la bomba, de esta forma podemos separar mientras esta sigue vaciando fosas, y parará en caso de llegar por encima de los equipos que necesita que estén cubiertos para su refrigeración.

En la Figura 2 podemos ver un equipo apropiado para granjas de hasta 6000 plazas engorde para cualquier tratamiento posterior de reducción o concentración de nitrógeno. Presenta un rendimiento de 5 a 20 m³/h. Este equipo, modelo Kompack, puede ser fijo o con estructura para convertirlo en un equipo móvil paletizable. En nuestro caso lo mantendremos fijo.



Figura 2. Separador sólido-líquido modelo Kompack (3).

– Transporte granja-finca

Un tractor de 230 cv y una cuba de purín de 22 m³ con brazo de carga lateral nos permitirán el transporte de la fracción líquida desde la granja hasta la finca de la plantación.



Figura 3. Balsa de almacenaje de purines.

En la Figura 3 se muestra el batidor de purín, accionado por un tractor, homogeneizando el contenido de la balsa para su posterior separación, y el equipo de transporte de la fracción líquida.

Por otro lado, una parte de la fracción sólida será utilizada para el mantenimiento de la cubierta vegetal, y su transporte desde la solera hormigonada de la granja hasta la solera hormigonada de la plantación se realizará con un conjunto formado por un tractor de 230 cv y una bañera de transporte de 20 m³ (Figura 4). Su llenado se realizará con una máquina telescópica propiedad del dueño de la granja.



Figura 4. Equipo utilizado para el transporte de la fracción sólida.

– Instalación plantación

Los siguientes componentes se encontrarán instalados en la parcela de proyecto, e irán acoplados al sistema de riego, diseñado en el Anejo 9 (Diseño hidráulico). Los elementos encargados de que el purín llegue hasta el sistema de riego son los siguientes:

- 2 depósitos horizontales de poliéster de 50 m³ cada uno, cuya función será la de almacenar la fracción líquida.
- Sistema de filtrado, previo a la bomba
- Motobomba inyectora, situada dentro de una arqueta de protección
- Sistema de filtrado, posterior a la bomba.



Figura 5. Bomba encargada de la inyección del purín.

En la Figura 5 podemos ver la motobomba situada a la salida del depósito que contiene la fracción líquida. Está equipada con regulador de presión y caudalímetro, que nos permitirá regular la dosis a aplicar. Esta bomba se encargará de introducir el purín en el sistema de riego, donde se mezclará con el agua. Previamente los dos líquidos pasarán por un sistema de filtrado (Figura 6), con el fin de no introducir partículas sólidas en el sistema de riego que posteriormente puedan provocar obturaciones en los goteros.



Figura 6. Sistema de filtrado.

4. PROCESO DE SEPARACIÓN

Una vez se ha detallado la instalación necesaria para comenzar el proceso de separación del purín, seguimos diferenciando las dos partes de la instalación. A continuación se detallan los pasos que sigue el purín desde el punto de almacenaje del purín en la explotación porcina hasta que concluye el proceso, una vez se almacena en los depósitos colocados en la plantación.

– Proceso en granja

El proceso comienza en la balsa de purín, en la que se debe de disponer de un buen vallado para evitar que restos de cosecha o cualquier objeto acabe dentro de ella.

El primer paso es colocar el batidor, accionado por el tractor, dentro de la balsa y comenzar a homogeneizar el contenido de la balsa, para así igualar al máximo posible todas las extracciones que se realicen. Periódicamente se tomarán muestras para ser analizadas en el laboratorio y así se podrá ajustar el plan de fertilización según varíe la composición del purín.

Una vez tenemos la mezcla homogeneizada, se pone en marcha el separador, los cepillos de la rampa, y por último se activa la bomba extractora que conecta la balsa de purín con la planta separadora. Una vez allí, se realiza la separación sólido-líquido, pasando el líquido a un depósito pulmón, que permite regular el caudal y gracias al cual se consigue que todo el proceso tenga un consumo por m^3 inferior a 0,5 kW/h sin ningún tipo de aditivos. Del depósito pulmón se pasa a un filtro vibrante, que hace una segunda separación hasta conseguir un líquido con partículas sólidas de un tamaño inferior a 80 μm , evitando coagulaciones posteriores y minimizando posibles obstrucciones de los goteros.

En caso de que hubiera problemas de llenado en la tolva del separador, el cuadro de mando pararía el equipo. Si se produjera un taponamiento, el sensor también pararía el equipo. En el momento que el depósito pulmón se empieza a llenar, el cuadro eléctrico pondrá en marcha el agitador y el filtro vibrante, y tras un minuto la bomba. El cuadro marcará las frecuencias de trabajo de la limpieza. En caso de salida por la parte delantera, el detector de flujo parará el vibrante y no lo pondrá en funcionamiento hasta que un operario lo revise. Si se parase el vibrante o la balsa se llenase, se pararán el resto de equipos.

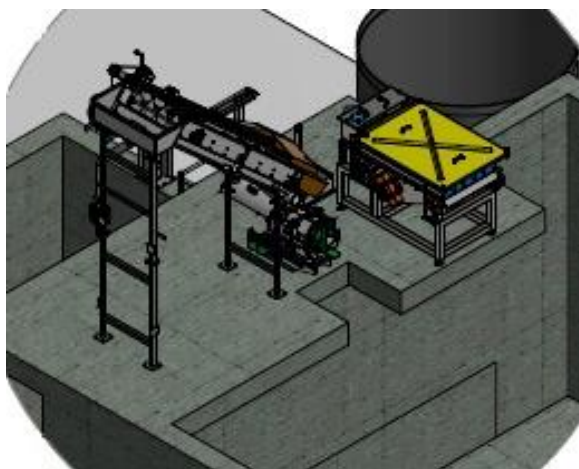


Figura 7. Detalle del separador sólido-líquido y el filtro vibrante en 3D.

De esta forma, solamente con equipos mecánicos y sin aditivos, se consigue una fracción líquida con nutrientes adecuada para inyectar en el riego por goteo.

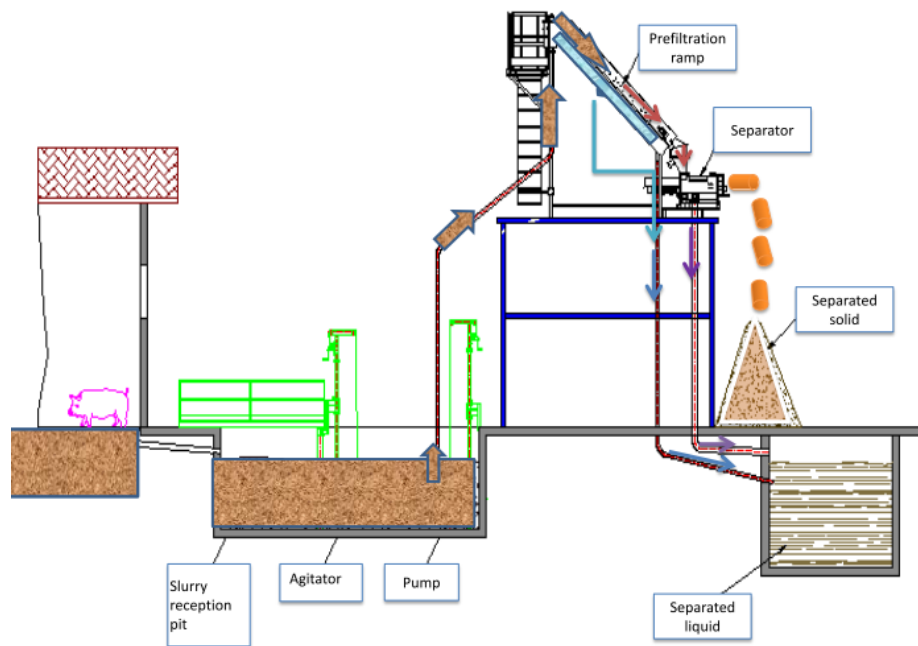


Figura 8. Proceso de separación en granja (3).

En la Figura 8 se puede ver el proceso de separación realizado en la granja, empezando en la balsa de purín, donde se receptionan las deyecciones nada más abandonar el interior de la granja, siguiendo por todo el proceso de filtrado y finalmente se almacena la fracción líquida en su correspondiente balsa impermeabilizada y la fracción sólida en la solera de hormigón.



Figura 9. Componentes de la instalación situados en la granja (3).

En la Figura 9, podemos ver la fracción sólida del purín a la salida del último sistema de filtrado, siendo almacenada en la solera hormigonada.

– Proceso de transporte

El equipo de maquinaria permitirá la extracción, gracias al brazo de carga y el transporte de la fracción líquida, desde la granja hasta la finca de la plantación. Por otro lado, una parte de la fracción sólida será utilizada para el mantenimiento de la cubierta vegetal, y su transporte desde la solera hormigonada de la granja hasta la solera hormigonada de la plantación se realizará mediante una bañera de transporte. Su llenado se realizará mediante una máquina telescópica propiedad del dueño de la granja. En la Figura 10 se muestra el trayecto a realizar con la cuba de purín desde la explotación porcina hasta la plantación.



Figura 10. Recorrido desde la explotación porcina hasta los depósitos de almenaje en la parcela.

– Proceso en parcela

Un vez en parcela, se procede al llenado de los depósitos de poliéster destinados al almacenaje de la fracción líquida (Figura 11), aprovechando el brazo de carga de la cisterna de purín, en este caso para el proceso de descarga.



Figura 11. Depósito de poliéster, capacidad 50 m³.

La fracción líquida del purín quedará almacenada hasta que el promotor ponga en marcha el plan de fertirrigación, desarrollado en anteriores anejos.

5. MANTENIMIENTO

Debido a la cantidad de impurezas que contiene el purín, es preciso diseñar un plan de limpieza para el correcto mantenimiento de la instalación. Se instalará un sistema de limpieza interior por toda la planta de filtrado, compuesto por un circuito de boquillas instalado en una

tubería de riego para eliminar las impurezas sólidas incrustadas, evitando que pasen a la fracción líquida. Existe la posibilidad de programarlo para que se ponga en funcionamiento cada vez que se pare la máquina, evitando así que la materia orgánica se incruste y que sea mucho más difícil eliminarla. Complementario al sistema de boquillas, periódicamente, se hará uso de un equipo de hidrolavado a presión (utilizado por el dueño de la explotación porcina para el lavado y desinfección del interior de la granja) para realizar una limpieza completa de todo el sistema de filtrado y así evitar obturaciones de filtros y garantizar un buen funcionamiento de todo el sistema.

6. COSTES DERIVADOS DEL USO

La planta de separación tiene un consumo 2,45 kW/h (de 0,02 a 0,03 €/m³). El equipo está fabricado íntegramente en acero inoxidable, por lo que aguanta las inclemencias meteorológicas. El micro filtrado presenta un coste de 0.10 €/m³ debido a su consumo eléctrico. Si sumamos el coste por m³ de la planta y el tamiz, obtenemos un valor aproximado de 0,15 €/m³.

Para el quinto año, cuando la plantación se encuentre en plena producción, las necesidades anuales de purín serán 1.526.400 litros, lo que equivale a 1.526,4 m³. Esto tendrá un coste de aproximadamente 230 €. También debemos tener en cuenta el coste de todos los equipos encargados del agitado del purín, estimado en 320 € anuales.

Los gastos originados por el equipo de limpieza instalado, incluyendo la hidrolimpieza externa, necesario para el funcionamiento de la planta ascienden a 460 €/año.

El mantenimiento, los ajustes y la sustitución de piezas en la planta de separación se estima que puede suponer unos gastos de 370 €/año.

Por último, teniendo en cuenta que para transportar la fracción líquida del purín desde la explotación porcina hasta la finca de la plantación se usará una cisterna de 22 m³, el coste del transporte del purín en plena producción será el siguiente:

- $1.526,4 \text{ m}^3 / 22 \text{ m}^3 = 70 \text{ cubas/campaña}$.
- $70 \text{ cubas} \times 40 \text{ €/cuba} = 2.800 \text{ € de coste del transporte/campaña}$.

Si sumamos todos los gastos anuales derivados del proceso de separación del purín, se obtienen unos gastos totales representados en la Tabla 1. La suma total de los gastos asciende a 4.180 €/año.

Tabla 1. Coste anual del proceso de separación del purín.

Operación	Coste anual (€)
Consumo eléctrico	230
Agitación	320
Limpieza	460
Mantenimiento	370
Transporte	2.800
Total anual	4.180

7. BIBLIOGRAFIA

1. Quílez y Sáez de Viteri D. La fertilización nitrogenada de los cereales: el purín porcino como fertilizante. 2018.
2. García Sainz I. Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino., 136. 2010.
3. Gea R. Avances en la separación de sólidos en purines. 2017.

ANEJO 11

ANALISIS ECONÓMICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ASPECTOS PREVIOS	1
3. INGRESOS	1
3.1. Venta de cosecha	1
3.2. Ayudas PAC	2
3.3. Totales	2
4. COSTES DERIVADOS DEL MANEJO	3
5. AMORTIZACIÓN E INTERÉS DEL INMOVILIZADO MATERIAL DE LA INVERSIÓN.....	4
5.1. Plantación	4
5.2. Sistema de riego	4
5.3. Instalación de separación	5
6. ANALISIS DE LA FINANCIACIÓN.....	5
7. ANALISIS DE RENTABILIDAD	6
7.1. Valor actualizado neto (VAN)	6
7.2. Tasa de rendimiento interno (TIR)	7
7.3. <i>Payback</i>	7
8. CONCLUSIONES.....	8

1. INTRODUCCIÓN

Después de haber realizado todo el diseño de la plantación y de la instalación de riego por goteo, es necesario analizar si la explotación es viable o no desde el punto de vista económico y, en su caso, cuáles serán las rentabilidades que se obtendrán a lo largo de los años.

Por ello en el presente anejo se realizará un análisis de ingresos y costes de la plantación de almendros, estimando de esta manera los beneficios. También se calculará el VAN, el TIR y el *payback* o tasa de retorno, que se detallaran posteriormente.

Se estima que la vida útil será de 15 años, por lo que se realizará el estudio de viabilidad económica con dicho horizonte temporal. A partir del tercer año se finaliza la formación, se incrementa el nivel de abonado y de riegos, dado el mayor tamaño del árbol y la cosecha esperada, y se continúa con el mantenimiento anual del terreno.

2. ASPECTOS PREVIOS

Para llevar a cabo este proyecto se va a proceder a pedir un préstamo de una parte del presupuesto (350.000 €), el cual se contratará con un interés del 5%. El resto será aportado del importe será aportado por el promotor del proyecto.

Se procede a una estimación de los costes de manejo y producción, los cuales se han obtenido de un cálculo externo de conceptos como horas de trabajo de personal, maquinaria y costes indirectos.

Algunas de las infraestructuras importantes como son la caseta de riego y la maquinaria (excepto la que se alquila) ya están amortizadas de anteriores usos de la finca, así que calcularemos las amortizaciones de la plantación, el sistema de riego, el depósito de agua y toda la instalación de separación de estiércol.

3. INGRESOS

3.1. Venta de cosecha

La venta de la cosecha se enmarca en los ingresos ordinarios. Se considerará la venta de toda la producción a precio medio de mercado. La estimación de la producción será de 2.800 kg/ha los años de plena producción. Para estimar el precio de referencia, hemos realizado un estudio de precios del periodo 2013-2020, y hemos obtenido un precio medio de aproximadamente 4 €/kg de pepita para la almendra comuna (donde se sitúan nuestras dos variedades), por lo que será el valor que tomaremos en el análisis económico.

Estimando un rendimiento normal del 35% para las variedades elegidas, el precio de almendra con cáscara es de 1,4 €/kg. Los ingresos obtenidos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Importe total obtenido por la venta de cosecha, en euros.

Año	Producción (kg/ha almendra cáscara)	Precio (€/kg almendra cascara)	Importe total € - 23,3 ha
1	0	1,4	0
2	800	1,4	26.096
3	1.200	1,4	39.144
4	3.600	1,4	117.432
5	6.200	1,4	202.244
6 y siguientes	8.000	1,4	260.960

3.2. Ayudas PAC

La cuantía anual total de las ayudas PAC que percibirá la explotación está formada por los tres conceptos siguientes:

- Pago básico. Se corresponde con una cuantía que asciende a 140 €/ha.
- Pago verde. Los cultivos permanentes, como el almendro, cumplen automáticamente con la condicionalidad de greening. Se prevé que la ayuda percibida por este concepto sea de 50 €/ha.
- Ayudas acopladas. El cultivo del almendro tiene una ayuda acoplada de 35 €/ha.

El importe total de la ayuda es el siguiente:

$$\text{Ayudas PAC} = (140 + 50 + 35) \text{ €/ha} \cdot 23,3 \text{ ha} = 5.242 \text{ €/año}$$

3.3. Totales

En la siguiente tabla, podemos ver los ingresos totales que obtendremos en el conjunto de la explotación desde el año de inicio hasta la plena producción.

Tabla 2. Ingresos totales de la explotación (Cosecha + PAC), en función del año.

Años	Cosecha + PAC (€/año)	Total explotación (€)
1	5.242	5.242
2	26.096 + 5.242	31.338
3	39.144 + 5.242	44.386
4	117.432 + 5.242	122.674
5	202.244 + 5.242	207.486
6 y siguientes	260.960 + 5.242	266.202

4. COSTES DERIVADOS DEL MANEJO

A continuación, se muestran los pagos ordinarios que se originan cada año. Únicamente se considera la mano de obra en el primer año para la colocación de marras. El resto de los años no se considera mano de obra porque bastará con la del promotor.

Tabla 3. Gastos implementación en plantación superintensiva 3,5 x 1,25 m.

Concepto	Unidad	Coste unitario	Coste total (€)
Preparación del terreno	5	50 €/h	250
Plantación	2.300	0,30 €/planta	690
Tutor	2.300	0,50 €/unidad	1150
Planta <i>Smarttree</i>	2.300	3,25 €/planta	7.475
Protectores	2.300	0,15 € ud.	345
Instalación de Riego	1	4.500 €	3.000
Coste total por ha			12.910 €
Coste total 23,3 ha			300.800 €

Tabla 4. Gastos gestión durante el primer y segundo año plantación superintensiva 3,5 x 1,5 m.

Concepto	Unidad	Coste unitario	Coste total (€)
Formación con discos	3	50 €/h	150
Formación manual	15	9 €/h	135
Mantenimiento del suelo	5	25 €/h	125
Producto fitosanitario	5 tratamientos	18 €/h	90
Coste tratamiento (maquinaria)	6 horas	25 €/h	150
Producto herbicida	3 tratamientos	24 €/h	72
Coste tratamiento (maquinaria)	3 horas	25 €/h	75
Fertirrigación (productos + aplicación)	1	360 €	360
Riego	1	700 €	700
Marras (1%)	23	7,50 €/planta	175
Coste total por ha			2.032 €
Coste total 23,3 ha			47.345 €

Tabla 5. Gastos gestión a partir del tercer año 3,5 x 1,5 m.

Concepto	Unidad	Coste unitario	Coste total (€)
Poda con discos	2	75 €/h	150
Topping	1,5	75 €/h	112
Cosecha	1	280 €/ha	280
Mantenimiento del suelo	5	25 €/h	125
Producto fitosanitario	5 tratamientos	18 €/h	90
Coste tratamiento (maquinaria)	8 horas	25 €/h	200
Productivo herbicida	3 tratamientos	24 €/h	72
Coste tratamiento (maquinaria)	3 horas	25 €/h	75
Fertirrigación (productos + aplicación)	1	700 €	700
Riego (agua)	1	1.200 €	1.200
Separación estiércol	1	1.380 € anuales parcela	1.380
Trasporte fracción líquida	1	2.800 € anuales parcela	2.800
Varios	1	300€	300
Coste total por Ha			3.304 €
Coste total 23,3 Ha			81.163,2 €

5. AMORTIZACIÓN E INTERÉS DEL INMOVILIZADO MATERIAL DE LA INVERSIÓN

Para el cálculo del desgaste sufrido por los activos inmovilizados utilizados en este proyecto y su correspondiente amortización se utiliza una esperanza de vida tanto del sistema de riego como de la instalación de separación de 20 años. Por otro lado, debido a la caída de rendimiento de los árboles por su envejecimiento a partir del año 15, se decide que el último año tras la recolección se realizará su sustitución, por lo que estos carecen de valor residual al finalizar el periodo de 15 años contemplado para esta plantación.

Para dichos cálculos las fórmulas aplicadas son las siguientes:

$$\text{Costes de Amortización} = \frac{V_a - V_r}{n}$$

$$\text{Costes de interes} = \frac{V_a + V_r}{2} \times i$$

dónde:

- V_a : es el valor de adquisición.
- V_r : es el valor residual.
- n : es el número de años amortizado.
- i : es el tipo de interés.

5.1. Plantación

- $V_a = 238.177,00 \text{ €}$
- $V_r = 0 \text{ €}$
- $n = 15 \text{ años}$
- $i = 5\%$

Al sustituir los datos en las fórmulas planteadas, se obtiene:

$$\text{Costes de amortización} = \frac{238.177 - 0}{15} = 15.878,47 \text{ €/año}$$

$$\text{Costes de interés} = \frac{238.177 + 0}{2} \times 0.05 = 5954,425 \text{ €/año}$$

5.2. Sistema de riego

- $V_a = 198.415,57 \text{ €}$
- $V_r = 33.526,66 \text{ €}$
- $n = 20 \text{ años}$
- $i = 5\%$

Al sustituir los datos en las fórmulas planteadas, se obtiene:

$$\text{Costes de amortización} = \frac{198.415,57 - 33.526,66}{20} = 8.244,45 \text{ €/año}$$

$$\text{Costes de interés} = \frac{198.415,57 + 33.526,66}{2} \times 0,05 = 5.798,55 \text{ €/año}$$

5.3. Instalación de separación

- Va = 111.237,50€
- Vr = 13.500 €
- n = 20 años
- i = 5%

Al sustituir los datos en las fórmulas planteadas, se obtiene:

$$\text{Costes de amortización} = \frac{111.237,50 - 13.500}{20} = 4886,88 \text{ €/año}$$

$$\text{Costes de interés} = \frac{111.237,50 + 13.500}{2} \times 0,05 = 3.118,44 \text{ €/año}$$

6. ANALISIS DE LA FINANCIACIÓN

Los fondos utilizados para la realización de la plantación y su puesta en marcha han sido obtenidos de un préstamo bancario a empresa, el cual se trata de un préstamo de tipo francés, por lo que todos los años se realiza el pago de una cuota constante y en la que la proporción entre intereses y la amortización del principal va cambiando a favor de esta última. Esto se traduce en que se aplica el tipo de interés al principal que resta por amortizar cada año y la diferencia entre el interés y la cuota se destina a amortizar el préstamo.

Dicho proceso se repite cada año hasta que se haya devuelto la totalidad del préstamo obtenido en el año inicial. Por otro lado, se han acordado las siguientes condiciones:

- El préstamo se concede a un tipo de interés del 5%.
- Se establece dicha operación para un horizonte temporal de 10 años.

La Tabla 6 muestra la evolución del préstamo a lo largo de todo el periodo de devolución, reflejando tanto el pago de los intereses realizados cada año como la parte de la cuota destinada a devolver la cuantía obtenida, así como la cantidad restante.

Tabla 6. Cálculo de las cuotas del préstamo.

Año	Termino amortizativo (€)	Interés (€)	Cuota de amortización (€)	Préstamo Pendiente (€)
0	-	-	-	350.000,00
1	45.326,60 €	17500,00	27.826,60 €	322.173,40 €
2	45.326,60 €	16108,67	29.217,93 €	292.955,47 €
3	45.326,60 €	14647,77	30.678,83 €	262.276,64 €
4	45.326,60 €	13113,83	32.212,77 €	230.063,87 €
5	45.326,60 €	11503,19	33.823,41 €	196.240,46 €
6	45.326,60 €	9812,02	35.514,58 €	160.725,88 €
7	45.326,60 €	8036,29	37.290,31 €	123.435,58 €
8	45.326,60 €	6171,78	39.154,82 €	84.280,76 €
9	45.326,60 €	4214,04	41.112,56 €	43.168,19 €
10	45.326,60 €	2158,41	43.168,19 €	0,00 €

7. ANALISIS DE RENTABILIDAD

A continuación vamos a proceder al estudio de viabilidad del proyecto, analizando los flujos de caja anuales. En la Tabla 7 se representan tanto los cobros como los pagos estimados para el periodo de la inversión, junto con los flujos de caja y sus valores acumulados.

Tabla 7. Balances económicos anuales de plantación

Año	Cobros (€)	Pagos (€)	Flujo de caja (€)	Flujos acumulados (€)
0	0,00 €	804.502,08 €	-804.502,08 €	-804.502,08 €
1	5.242,00 €	47.345,00 €	-42.103,00 €	-846.605,08 €
2	31.338,00 €	47.345,00 €	-16.007,00 €	-862.612,08 €
3	44.386,00 €	81.163,20 €	-36.777,20 €	-899.389,28 €
4	122.674,00 €	81.163,20 €	41.510,80 €	-857.878,48 €
5	207.486,00 €	81.163,20 €	126.322,80 €	-731.555,68 €
6	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	-546.516,88 €
7	135.722,00 €	81.163,20 €	54.558,80 €	-491.958,08 €
8	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	-306.919,28 €
9	200.962,00 €	81.163,20 €	119.798,80 €	-187.120,48 €
10	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	-2.081,68 €
11	285.774,00 €	81.163,20 €	204.610,80 €	202.529,12 €
12	200.962,00 €	81.163,20 €	119.798,80 €	322.327,92 €
13	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	507.366,72 €
14	135.722,00 €	81.163,20 €	54.558,80 €	561.925,52 €
15	266.202,00 €	81.163,20 €	185.038,80 €	746.964,32 €

En el apartado de cobros (cosecha + PAC), debido a que nos encontramos en una zona de fuertes heladas hemos estimado una reducción del 50% de la cosecha en el año 7 y en el año 14, y una reducción del 25% en el año 9 y en el año 12, para hacer más realista el estudio de rentabilidad. En el año 11, se alcanza el máximo de producción, 3000 kg pepita/ha.

7.1. Valor actualizado neto (VAN)

El VAN es un indicador fundamental a la hora de determinar la viabilidad del proyecto. Si su valor es superior a 0, se puede afirmar que es un proyecto viable. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

dónde:

- t: es cada uno de los 15 años de vida de la plantación.
- n: se trata del total de años, es decir, 15.
- I₀: es el desembolso inicial correspondiente a la construcción.
- F_t: hace referencia a cada uno de los flujos de caja correspondientes a cada año.
- I: es el tipo de interés de referencia

Aplicando la ecuación expuesta, se obtiene un VAN = 136.188,05 € > 0

Este resultado quiere decir que el proyecto será rentable desde el punto de vista económico.

7.2. Tasa de rendimiento interno (TIR)

La TIR puede definirse como el tipo de interés de la inversión realizada. Para su cálculo, se determina el tipo de interés para el que el VAN del proyecto es 0. Este planteamiento genera la siguiente fórmula para la obtención del TIR:

$$0 = -inversión + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

dónde:

- t: es cada uno de los 15 años de vida de la plantación.
- n: se trata del total de años, es decir, 15.
- Inversión: es el desembolso inicial correspondiente a la ejecución del proyecto.
- Ft, hace referencia a cada uno de los flujos de caja correspondientes a cada año.

De esta manera, se obtiene para esta plantación un TIR del 7%. Comparando el resultado con el coste de financiación (5%), el proyecto también pasa el filtro de viabilidad del análisis del TIR.

7.3. Payback

El *payback* o plazo de recuperación es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Es un método estático para la evaluación de inversiones. Se expresa en periodos del proyecto, siendo en este caso años.

Analizando la columna de flujos acumulados se observa (Tabla 8) que se consigue el retorno de la inversión en el 11º año, cuando los flujos acumulados pasan a ser positivos.

Tabla 8. Payback de la plantación.

Año	Flujo de caja (€)	Flujos acumulados (€)
0	-804.502,08 €	-804.502,08 €
1	-42.103,00 €	-846.605,08 €
2	-16.007,00 €	-862.612,08 €
3	-36.777,20 €	-899.389,28 €
4	41.510,80 €	-857.878,48 €
5	126.322,80 €	-731.555,68 €
6	185.038,80 €	-546.516,88 €
7	54.558,80 €	-491.958,08 €
8	185.038,80 €	-306.919,28 €
9	119.798,80 €	-187.120,48 €
10	185.038,80 €	-2.081,68 €
11	204.610,80 €	202.529,12 €
12	119.798,80 €	322.327,92 €
13	185.038,80 €	507.366,72 €
14	54.558,80 €	561.925,52 €
15	185.038,80 €	746.964,32 €

8. CONCLUSIONES

Una vez analizados los factores económicos, como son VAN, TIR y *payback*, se puede determinar que el proyecto expuesto de plantación de 23,3 ha de almendros en superintensivo en Monreal del Campo (Teruel), es viable económicamente. La inversión será recuperada en el año 11: es a partir de este año cuando se empezarán a tener beneficios.

Planos

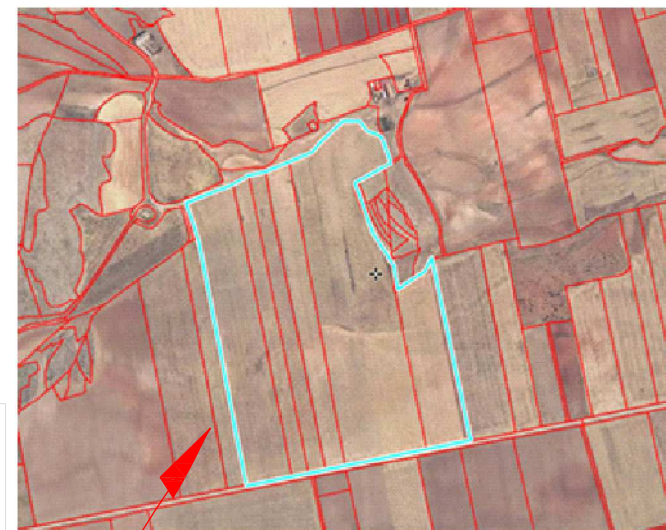
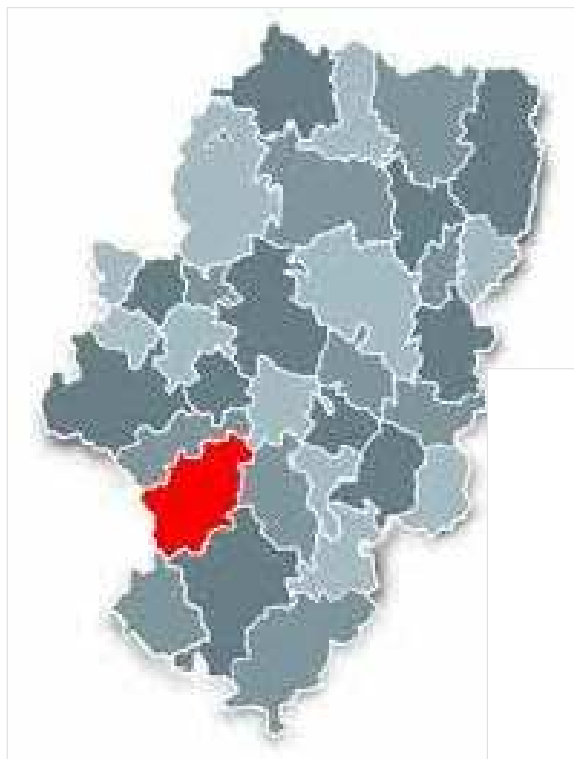
Plantación de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb) en superintensivo de 23.3 ha con sistema de fertirrigación mediante estiércol de porcino en el T.M. de Monreal del Campo, Teruel.

Autor

Jorge Latorre Moreno

RELACIÓN DE PLANOS

- Plano 1 : Situación y Emplazamiento
- Plano 2: Curvas de nivel
- Plano 3: Distribución de las variedades en la plantación
- Plano 4: Distribución de los árboles
- Plano 5: Distribución del sistema de riego
- Plano 6: Planta de separación (granja)



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza

Proyecto

Plantación de almendros
en superintensivo de 23.3 (ha)
con sistema de fertirrigación mediante
estiercol porcino en el T.M. de
Monreal del Campo, Teruel

Plano

Situación y Emplazamiento

Escala

Fecha

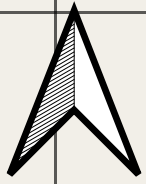
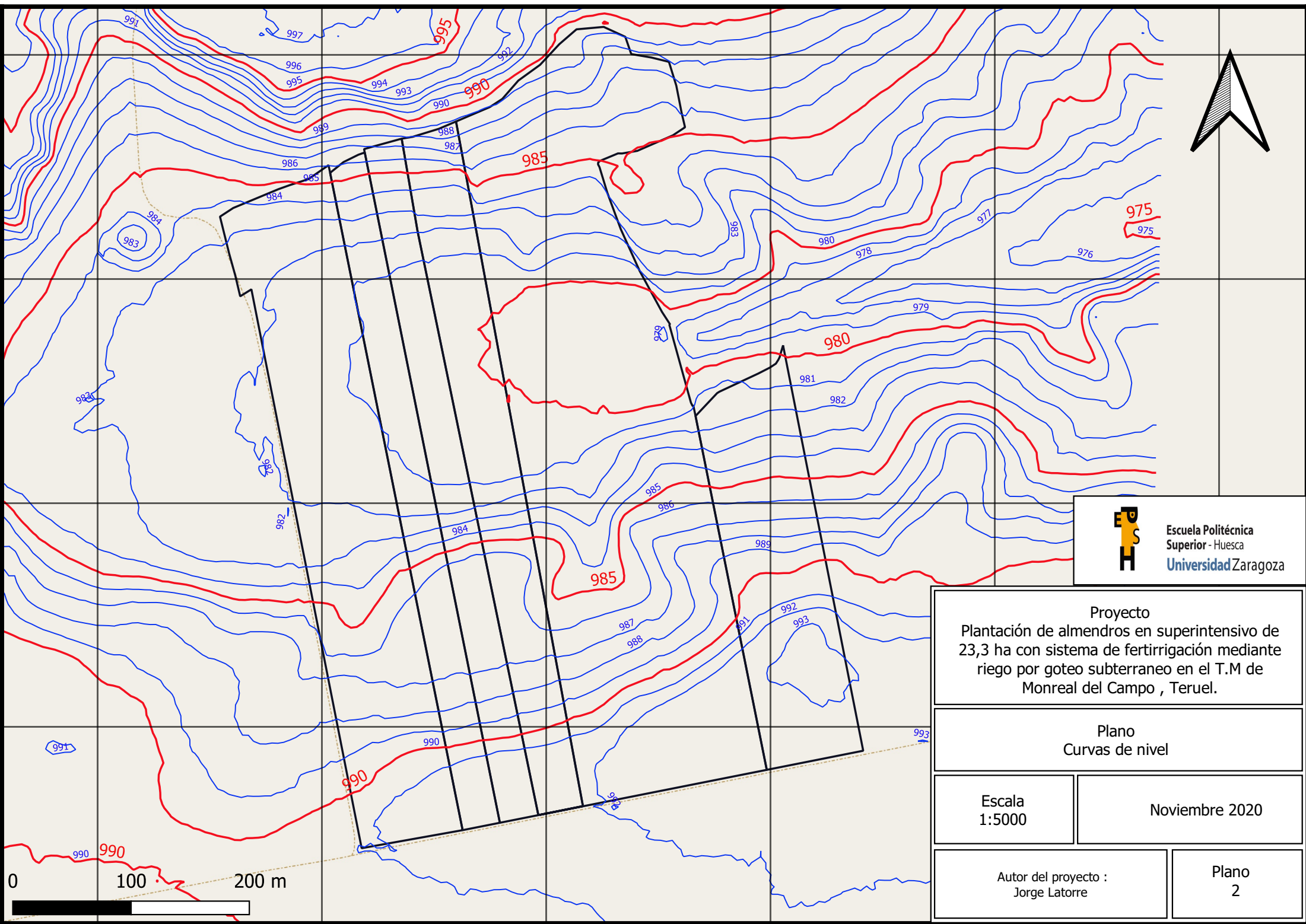
Noviembre 2020

Proyectista y Logo

Jorge Latorre Moreno

Número

1



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza

Proyecto
Plantación de almendros en superintensivo de
23,3 ha con sistema de fertirrigación mediante
riego por goteo subterráneo en el T.M de
Monreal del Campo , Teruel.

Plano
Curvas de nivel

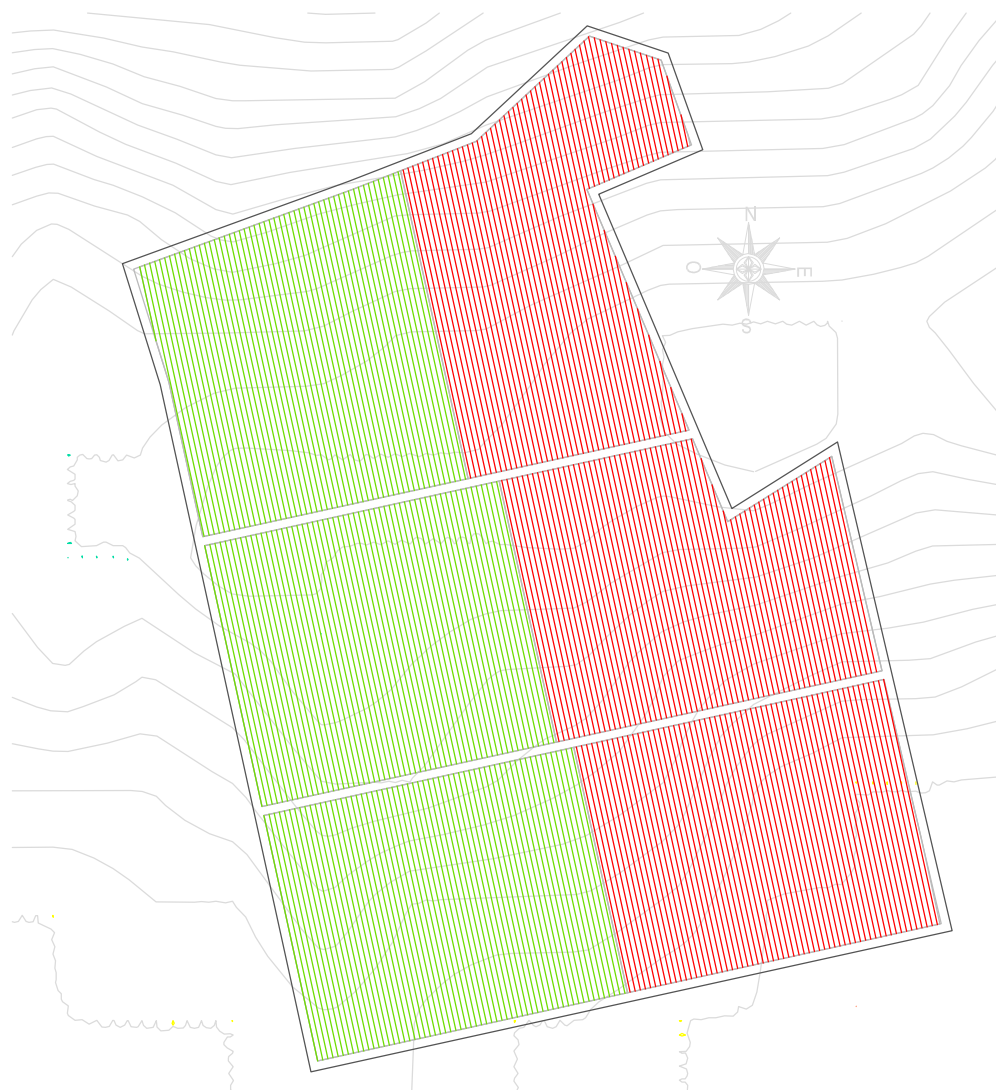
Escala
1:5000

Noviembre 2020

Autor del proyecto :
Jorge Latorre

Plano
2





Leyenda

Variedad Lauranne

Variedad Vialfas



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza

Proyecto

Plantación de almendros
en superintensivo de 23.3 (ha)
con sistema de fertirrigación mediante
estiercol porcino en el T.M. de
Monreal del Campo, Teruel

Plano

Distribución de las variedades
en la plantación

Escala

1/5000

Fecha

Noviembre 2020

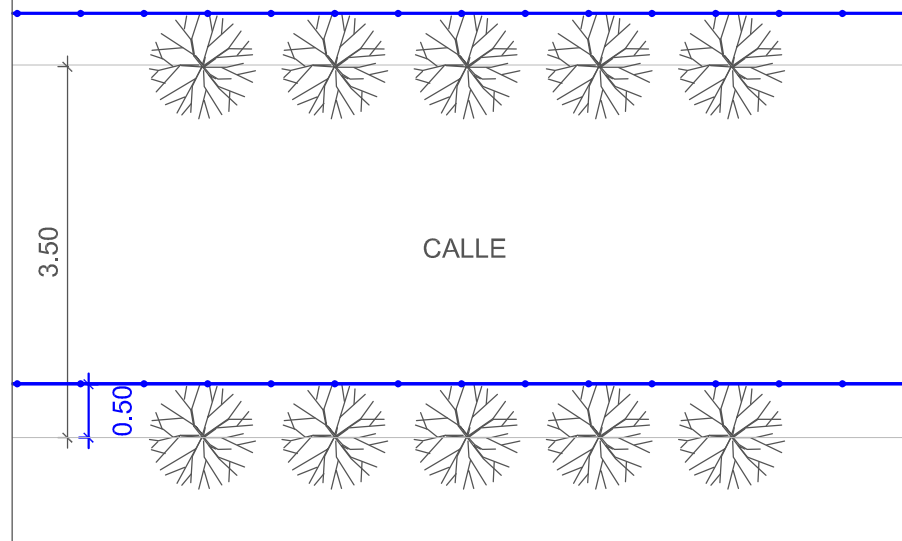
Proyectista y Logo

Jorge Latorre Moreno

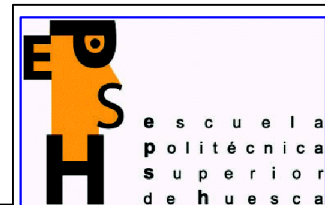
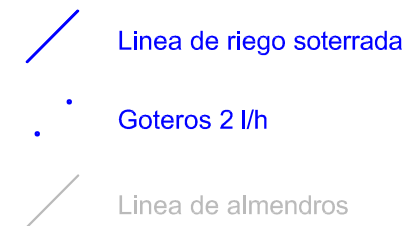
Número

3

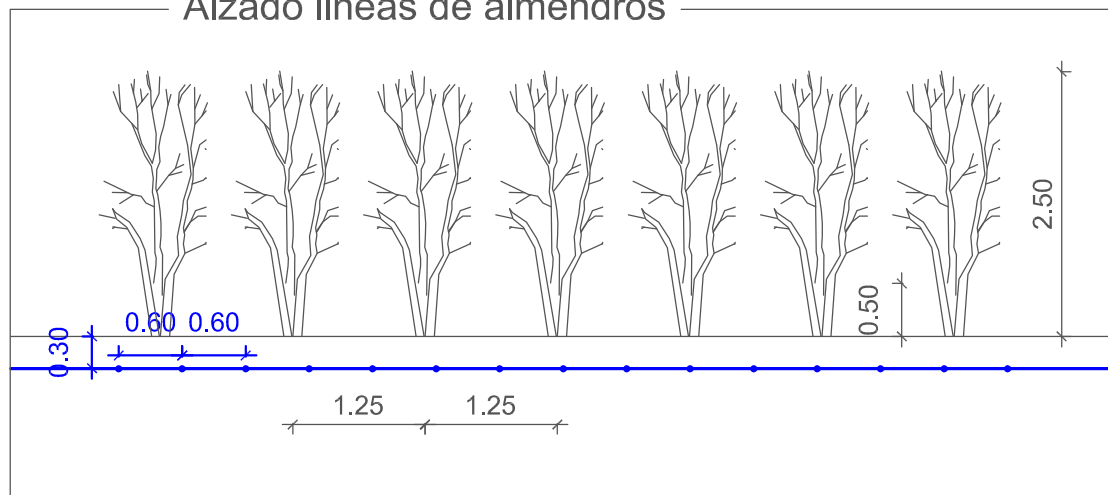
Planta líneas de almendros



Leyenda



Alzado líneas de almendros



Proyecto

Plantación de almendros
en superintensivo de 23.3 (ha)
con sistema de fertirrigación mediante
estiercol porcino en el T.M. de
Monreal del Campo, Teruel

Plano

Distribución de los árboles

Escala

1/75

Fecha

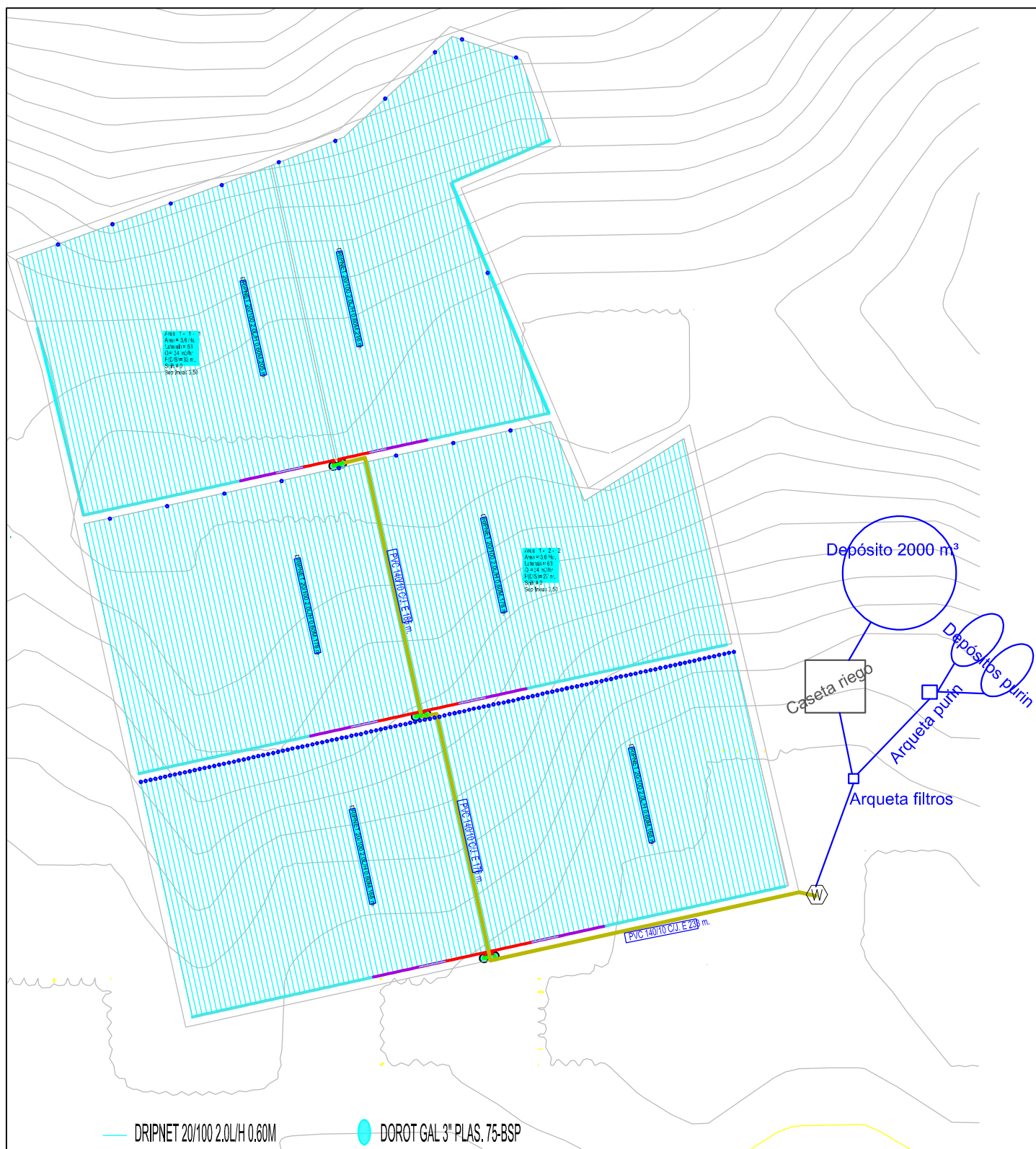
Noviembre 2020

Proyectista y Logo

Jorge Latorre Moreno

Número

4



— DRIPNET 20/100 2.0L/H 0.60M
 — PVC 63/6 C/J.E
 — PVC 75/6 C/J.E
 — PVC 90/6 C/J.E
 — PVC 110/10 C/J.E
 — PVC 140/10 C/J.E

● DOROT GAL 3" PLAS. 75-BSP
 (W) Fuente de Agua
 (V) Valvula de lavado



Proyecto

Plantación de almendros
 en superintensivo de 23.3 (ha)
 con sistema de fertirrigación mediante
 estiércol porcino en el T.M. de
 Monreal del Campo, Teruel

Plano

Distribución del sistema de Riego

Escala

1/4000

Fecha

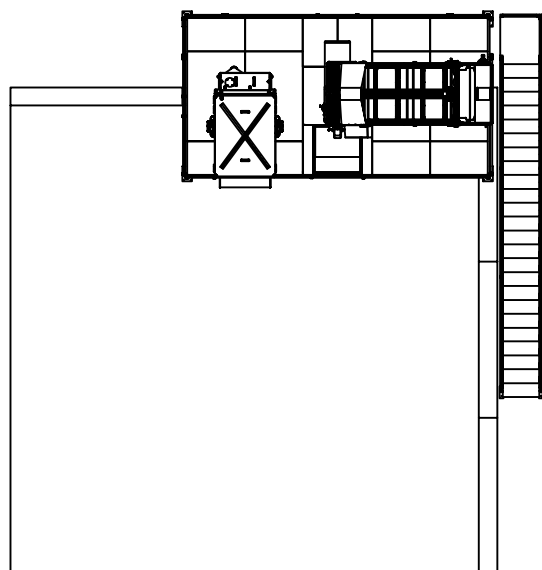
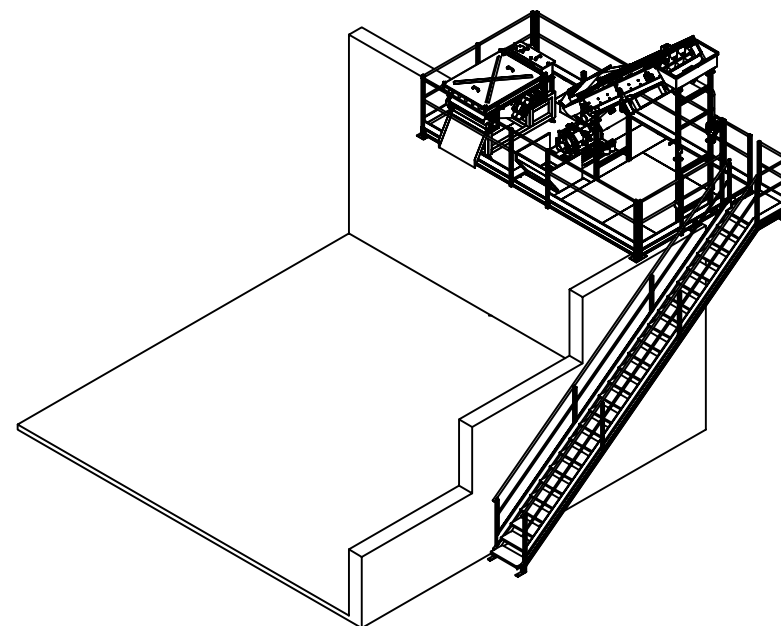
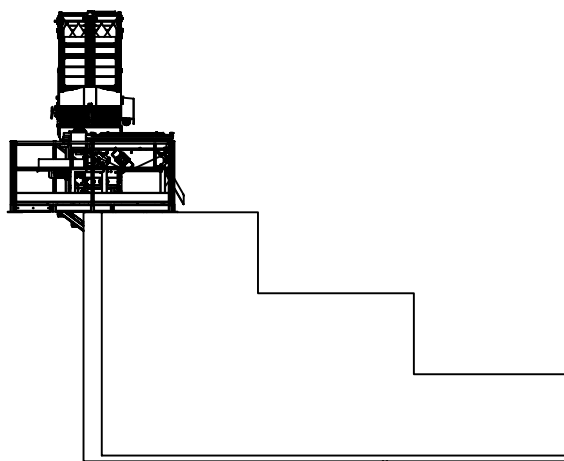
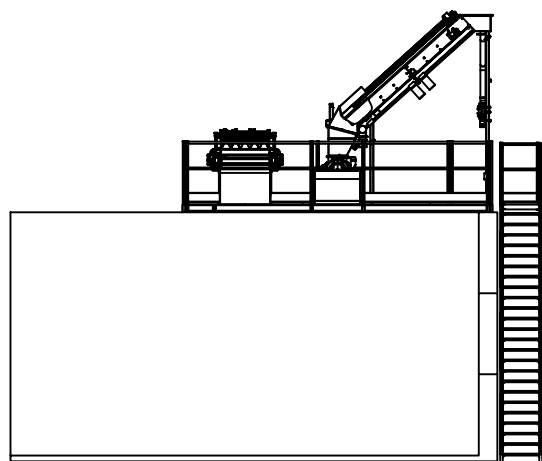
Noviembre 2020


Proyectista y Logo


Jorge Latorre Moreno

Número

5



 Separador modelo Kompack (250 micras)

 Filtro separador vibrante (80 micras)

Proyecto

Plantación de almendros
en superintensivo de 23.3 (ha)
con sistema de fertirrigación mediante
estiércol porcino en el T.M. de
Monreal del Campo, Teruel

Plano

Planta de separación (granja)



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza

Fecha

Noviembre 2020

Proyectista y Logo

Jorge Latorre Moreno

Número

6

Pliego de condiciones

Plantación de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.)
D.A.Webb) en superintensivo de 23.3 ha con
sistema de fertirrigación mediante estiércol de
porcino en el T.M. de Monreal del Campo, Teruel

Autor

Jorge Latorre Moreno

1. CAPÍTULO I: DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1. Obras objeto del presente proyecto.

Se considerarán sujetas a las condiciones de este Pliego, todas las obras cuyas características, planos y presupuestos, se adjuntan en las partes correspondientes del presente proyecto, así como todas las obras necesarias para dejar completamente terminada la instalación de la red de riego por goteo y la plantación con arreglo a los planos y documentos adjuntos. Se entiende por obras accesorias, aquellas que, por su naturaleza, no pueden ser previstas en todos sus detalles, sino a medida que avanza la ejecución de los trabajos. Las obras accesorias, se construirán a medida que se vaya conociendo su necesidad. Cuando su importancia lo exija se construirán en base a los proyectos adicionales que se redacten. En los casos de menor importancia se llevarán a cabo conforme a la propuesta que formule el Director de la Obra.

Artículo 2. Obras accesorias no especificadas en el Pliego.

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obras o instalaciones que no se encuentren descritas dentro de este Pliego de Condiciones, el Adjudicatario estará obligado a realizarlas con estricta sujeción a las órdenes que, al efecto, reciba del Director de Obra y, en cualquier caso, con arreglo a las reglas del buen arte constructivo. El Director de Obra tendrá plenas atribuciones para sancionar la idoneidad de los sistemas empleados, los cuales estarán expuestos para su aprobación de forma que, a su juicio, las obras o instalaciones que resulten defectuosas total o parcialmente, deberán ser demolidas, desmontadas o recibidas en su totalidad o en parte, sin que ello de derecho a ningún tipo de reclamación por parte del Adjudicatario.

Artículo 3. Documentos que definen las obras.

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entregue al Contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo. Son documentos contractuales los Planos, Pliego de Condiciones, Cuadros de Precios y Presupuestos Parcial y Total, que se incluyen en el presente Proyecto. Los datos incluidos en la Memoria y Anejos, así como la justificación de precios tienen carácter meramente informativo. Cualquier cambio en el planteamiento de la Obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica para que lo apruebe, y si procede, redacte el oportuno proyecto.

Artículo 4. Compatibilidad y relación entre los documentos.

En caso de contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último documento. Lo mencionado en los planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

Artículo 5. Director de la obra.

La propiedad nombrará en su representación a un Ingeniero Agrónomo o Ingeniero Técnico Agrícola, Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, en quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente Proyecto. El Contratista proporcionará toda clase de facilidades para que el Director, o sus subalternos, puedan llevar a cabo su trabajo con el máximo de eficacia. No será responsable ante la propiedad de la tardanza de los Organismos competentes en la tramitación del Proyecto. La tramitación es ajena al o Director, quien una vez conseguidos todos los permisos, dará orden de comenzar la obra.

CAPÍTULO II. CONDICIONES DE LAS PLANTAS

Epígrafe I. Condiciones generales

Artículo 6. Suministro de plantas a la obra.

El suministro de plantas a la obra está sujeto a prescripciones que se refieren a las siguientes operaciones y conceptos y se definen en los apartados que siguen:

- Especificidad del material vegetal.
- Sanidad vegetal.
- Material vegetal autóctono.
- Dimensionado del material vegetal.

Artículo 7. Especificidad del material vegetal

Se entiende por “especificidad del material vegetal” la identidad existente en género, especie y variedad entre las plantas definidas en proyecto y las introducidas en la Obra.

Artículo 8. Condiciones de los materiales

Toda especie y/o variedad vegetal deberá corresponderse con la definida en proyecto. Ante cualquier indefinición o duda referente a la especie será de aplicación el criterio establecido en la obra “Flora Ibérica” (Castroviejo, S. et al. 1986 - 1997. Flora Ibérica. Tomos I, II, III, IV, V y VIII. CSIC.) o en “Flora Europea” (Tutin, T.G. et al. 1964 - 1980. Flora Europea. 5 vol. Cambridge University Press), o en su defecto, el dictamen de un centro oficial designado por el Director de la Obra.

Las plantas serán en general bien conformadas, de desarrollo normal, sin que presenten síntomas de raquitismo o retraso. No presentarán heridas en el tronco o ramas y el sistema radical será completo y proporcionado al porte. Las raíces de las plantas de cepellón o raíz desnuda presentarán cortes limpios y recientes, sin desgarrones ni heridas.

Las plantas suministradas poseerán un sistema radical en el que se hayan desarrollado las radicelas suficientes para establecer prontamente un equilibrio con la parte aérea.

Se deben corresponder el porte y desarrollo con la edad de las plantas. La edad de las plantas será la mínima necesaria para poder realizar la plantación, no admitiéndose aquellos ejemplares que, aun cumpliendo la condición de porte, sobrepasen en años la edad necesaria para alcanzarla. La planta estará bien conformada y su desarrollo estará en consonancia con la

altura. Los fustes serán derechos y no presentarán torceduras ni abultamientos anormales o antiestéticos.

En todas las plantas habrá equilibrio entre la parte aérea y su sistema radical. Este último estará perfectamente constituido y desarrollado en razón a la edad del ejemplar, presentando de manera sostenible las características de haber sido repicado en vivero.

Artículo 9. Control de calidad.

Recepción: Todo material vegetal introducido en obra deberá estar etiquetado con indicación de género, especie, autor y variedad. El material de las etiquetas deberá ser biodegradable.

Identidad del material vegetal: cuando el Director lo estime oportuno se procederá a un muestreo para la identificación de las especies y variedades suministradas. En caso de duda el Director designará el centro oficial de referencia.

Criterios de aceptación y rechazo: serán rechazadas las plantas:

- Que en cualquiera de sus órganos o en su madera sufran o puedan ser portadoras de plagas o enfermedades.
- Que hayan sido cultivadas sin espaciamiento suficiente.
- Que hayan tenido crecimientos desproporcionados, por haber sido sometidas a tratamientos especiales o por otras causas.
- Que lleven en el cepellón plántulas de malas hierbas.
- Que durante el arranque o el transporte hayan sufrido daños que afecten a estas especificaciones.
- Que no vengan protegidas por el oportuno embalaje.

Independientemente del momento en el que se detectara y verificara la falta de identidad entre una especie introducida en obra respecto a la definida en proyecto, ésta será objeto de rechazo.

En cualquier caso, la aceptación de la Unidad de Obra bajo el supuesto de incumplimiento de condiciones de muestreo quedará condicionada a su viabilidad futura, a evidenciar en el período de garantía de las obras.

Artículo 10. Sanidad vegetal

Se entiende por "Sanidad Vegetal" la ausencia de daños y alteraciones en la planta producidos por parásitos vegetales y animales, enfermedades y afecciones no parasitarias.

Artículo 11. Condiciones de los materiales

Documentación exigible. Todas las especies objeto de plantación serán originarias o procedentes de empresas o viveros inscritos en el Registro Oficial de Productores de Plantas de Vivero. Además, para los géneros listados a continuación, se exigirá su inscripción en el Registro de Comerciantes, Productores e Importadores y en su circulación por el territorio serán portadores de Pasaporte Fitosanitario.

Artículo 12. Sintomatología.

En las diferentes partes de las plantas no podrán observarse los siguientes síntomas:

- Raíces: nódulos, tumores, pudrimientos, necrosis, esclerosis.
- Tallos: chancros, pudrimientos, malformaciones, tumores, necrosis, galerías, alteraciones de pigmentación.

-Hojas: manchas, decoloraciones, malformaciones, agallas, marchitez, galerías, picaduras de insectos.

Ante cualquier síntoma que haga sospechar la existencia de patología o presencia de organismos nocivos, el Director adoptará las medidas oportunas para su diagnóstico.

La planta debe presentar una relación proporcionada entre el tamaño de su parte aérea, el diámetro de cuellos de la raíz, el tamaño y densidad de las raíces, y la edad de la planta, teniendo en cuenta que posteriormente habrá que realizar el injerto en la misma.

La forma de la planta se debe ajustar a la normal de cada especie. De igual manera el color del follaje, así como la estructura del ramaje y su lignificación deben ser normales.

La forma y aspecto del sistema radicular será normal y no presentará raíces excesivamente espirilizadas o amputadas, para lo cual se empleará el envase adecuado. Las raíces y las tierras y sustratos unidos a la planta deberán estar exentos de nematodos fitoparásitos.

A la recepción de la planta se podrá tomar muestra (tamaño de muestra definido por Director) de raíces y/o sustratos para su remisión al Centro Oficial de Sustratos para su remisión al Centro Oficial de Análisis y se procederá a verificar la ausencia de nemátodos fitoparasitarios conforme a la metodología descrita en el "Manual de Laboratorio. Diagnóstico de Hongos, Bacterias y Nemátodos Fitopatógenos" del "Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación".

La Dirección Ambiental de Obra podrá ordenar controles complementarios atendiendo a los Avisos fitosanitarios emitidos por Organismos Oficiales en condiciones climáticas singulares.

Artículo 13. Material vegetal autóctono

DEFINICIÓN

A efectos del presente proyecto se entiende por “material vegetal autóctono” a aquellas especies o variedades que se hallen en la zona bien por tratarse de plantas pertenecientes a los ecosistemas locales, bien por tratarse de especies cultivadas habitualmente en dicho punto.

CONDICIONES DE LOS MATERIALES

Procedencia.

Las especies vegetales autóctonas procederán de viveros cuyas condiciones climáticas, fisiográficas, edáficas, etc. hagan prever una adaptación correcta a la localización en que se realizará la plantación definitiva.

Especies objeto de revegetación “autóctona”.

Las especies objeto de revegetación autóctona son las definidas en el epígrafe

Definición.

Especies no identificadas como autóctonas.

Se admitirá la plantación de especies no identificadas como autóctonas únicamente bajo autorización explícita y debidamente documentada del Director, atendiendo a criterios de ubicación.

CONTROL DE CALIDAD

Serán objeto de seguimiento e inspección todas aquellas actividades destinadas a conseguir propágulos con categoría de autóctonas. Cualquiera de las actividades seguidamente indicadas será notificada a la Dirección de Obra con la suficiente antelación para posibilitar su correcta inspección:

- Recolección
- Almacenamiento

- Proceso de germinación
- Formación de plántula
- Formación de lotes
- Criterios de aceptación y rechazo

Será objeto de aplicación lo expuesto en los apartados Dimensionado del Material Vegetal y Sanidad Vegetal.

Artículo 14. Dimensionado del material vegetal

Se entiende por "dimensionado del material vegetal" la información que incluye tanto el proceso de producción de la planta como el dimensionado de los parámetros que definen sus condiciones de suministro a obra.

Artículo 15. Proceso de producción

Para todo tipo de planta (a raíz desnuda, en cepellón o en contenedor), las condiciones climáticas, régimen térmico e higrométrico del vivero de procedencia deberán ser similares o en su caso más rigurosas que las de la zona objeto de la plantación.

Artículo 16. Condiciones de recepción

La planta en contenedor sólo se podrá admitir cuando así lo especifique el Proyecto y en cualquier caso pasará el último año de producción en contenedor sujeto a lo especificado en el párrafo anterior.

Artículo 17. Planta en raíz desnuda.

Se verificará, en el momento de su suministro, la existencia de una abundante masa de raíces secundarias que aseguren su supervivencia. El tiempo desde su arranque en vivero hasta su entrega en obra (vivero o corte) no ha de exceder las 48 horas y sus raíces vendrán debidamente protegidas contra el estrés hídrico (sacos humectados, etc.).

Artículo 18. Planta en cepellón

Se verificará, en el momento de su suministro, la inexistencia de raíces secundarias que traspasan el cepellón. Se comprobará que el perímetro, medido a un metro del cuello de raíz, las alturas máximas/mínimas y el dimensionado del cepellón se encuentra dentro de los intervalos definidos en el Proyecto. En ningún caso se admitirá planta en bolsa. El tiempo desde su arranque en vivero a su entrega en obra (vivero o corte) no ha de exceder las 48 horas. No se admitirán riegos antes del arranque, como mínimo en un periodo de dos meses, sin orden expresa de la Dirección Ambiental de Obra.

Artículo 19. Planta en contenedor

Se verificará, en el momento de su suministro, la existencia de raíces secundarias en las caras internas del contenedor. No se admitirán plantas con raíces espiralizadas. Se comprobará que el perímetro medido a un metro del cuello de raíz, las alturas máximas/mínimas, el dimensionado de los contenedores y el estado de ramificación se encuentra dentro de los intervalos definidos en el Proyecto. El tiempo desde su arranque en vivero hasta su entrega en obra (vivero o corte) no ha de exceder las 48 horas.

Artículo 20. Documentación adjunta al suministro

Las plantas se suministrarán etiquetadas por lotes, entendiéndose éstos como los conjuntos de plantas definidos en origen por la Dirección de Obra a partir de la similitud en los siguientes parámetros: especie, variedad, edad, proceso de producción y zona de cultivo en vivero.

En cada lote se definirán, como mínimo, los siguientes parámetros:

- Especie
- Variedad
- Tamaño
- Edad
- Procedencia del propágulo
- Número de repicados
- Fecha del último repicado
- Número de plantas
- Nombre del vivero y nombre de registro en el organismo de control

Artículo 21. Control de calidad

Control de calidad a la recepción.

A la recepción se verificará el dimensionado de la planta (tamaño de muestra definido por la Dirección de Obra). Todo esto quedará reflejado en la correspondiente ficha de Seguimiento y Recepción del Material Vegetal.

Criterio de aceptación y rechazo.

Se aceptará el lote de plantas si todas las muestras cumplen las condiciones establecidas en el epígrafe Condiciones de los materiales. En caso de que algunas muestras incumplan las condiciones definidas en el presente Artículo, quedará a criterio de la Dirección de Obra el rechazo del lote, sin que en ningún caso las plantas ni las operaciones necesarias para su correcta y total restitución sean objeto de abono.

Artículo 22. Medición y abono

Se medirá y abonará por unidades de planta según queden definidas en el proyecto. El precio de la planta incluye el suministro, transporte y descarga a pie de obra, así como cuantas operaciones se deriven de su conservación en obra hasta su definitiva plantación.

No serán objeto de abono ninguna de las operaciones, materiales o actividades realizadas en Vivero de Obra sobre las plantas, cualquiera que sea su procedencia. El rechazo de una planta debido a su falta de identidad con la definida en proyecto comportará la pérdida de los derechos de abono de ésta, así como de cuantos materiales y operaciones hayan sido consumidos y ejecutados hasta el momento de su rechazo y sean necesarios para su retirada de obra.

Artículo 23. Ejecución de las plantaciones

Se entiende por Unidad de Obra "de ejecución de plantaciones", el conjunto de operaciones necesarias para el correcto establecimiento y el enraizamiento en el lugar definido en el proyecto de las especies objeto de revegetación procedentes de vivero.

No se podrá iniciar la plantación, sin la previa aprobación por la Dirección de Obra, del replanteo y de la concreta ubicación de cada especie.

Epígrafe II. Condiciones generales y del proceso de ejecución.

Artículo 24. Planta en raíz desnuda

El dimensionado del hoyo de plantación se definirá en el Proyecto o, en su defecto, quedará a criterio de la Dirección de Obra de acuerdo con la especie y las dimensiones de la misma.

En la ejecución de la plantación se mantendrá la posición original de la raíz y se prestará especial atención a la raíz principal. En todo momento, la profundidad de enterrado de cuello será análoga a la de su situación en vivero. Cualquier enmienda orgánica o mineral se encontrará definida en el Proyecto o, en su defecto, quedará a criterio de la Dirección de Obra.

Artículo 25. Planta con cepellón

Si no viniese especificado en el Proyecto, el dimensionado del hoyo de plantación será como mínimo 10 cm superior a las superficies externas del cepellón. Al realizar la plantación se mantendrá la posición originaria de la planta en vivero. Una vez situada en el correspondiente agujero, se procederá a la rotura y retirada de todos los componentes que forman el cepellón (escayola, tela metálica, sacos, etc.). Cualquier enmienda orgánica o mineral se encontrará definida en el Proyecto o, en su defecto, quedará a criterio de la Dirección de Obra.

Artículo 26. Planta en contenedor

Si no viniese especificado en el Proyecto, para los contenedores cuyo diámetro sea inferior a 20 cm, el hoyo de plantación deberá poseer un diámetro de como mínimo el doble del diámetro nominal del contenedor y una profundidad que supere la del contenedor en, como mínimo, 10 cm. Para los contenedores cuyo diámetro sea superior a 20 cm, el dimensionado del hoyo de plantación será, como mínimo, 10 cm superior a las superficies externas de la mota. Al realizar la plantación se mantendrá la posición originaria de la planta de vivero. Cualquier enmienda orgánica o mineral habrá de estar definida en el Proyecto o, en su defecto, quedará a criterio de la Dirección de Obra.

Artículo 27. Período de plantaciones

El período de plantación para cada especie y/o presentación de planta quedará definido en el Proyecto. El Director de Obra, atendiendo a las condiciones climáticas de la zona, podrá modificar este intervalo. Este período debe coincidir con el reposo vegetativo, pero evitando los días de heladas fuertes.

Artículo 28. Precauciones de las plantaciones

Cuando lleguen las plantas se cuidará de que no se sequen las raíces y se tomarán las máximas precauciones para evitar magulladuras, roturas u otros daños físicos a las raíces, tallos o ramas de las plantas. Las plantas dañadas serán retiradas y repuestas.

Cuando la plantación no pueda efectuarse inmediatamente después de recibir las plantas, hay que proceder a depositarlas. El depósito sólo afecta a las plantas que se reciban a raíz desnuda o en cepellón cubierto con envoltura porosa (paja, maceta de barro, yeso, etc.). No es necesario en cambio cuando se reciban en cepellón cubierto de material impermeable (maceta de plástico, lata, etc.). La operación de depósito consistirá en colocar las plantas en una zanja u hoyo, y en cubrir las raíces con una capa de tierra de diez centímetros al menos, distribuida de modo que no se queden intersticios en su interior, para protegerlas de la desecación o de las heladas hasta el momento de su plantación definitiva. Excepcionalmente, y sólo cuando no sea posible tomar precauciones antes señaladas, se recurrirá a colocar las plantas en un lugar

cubierto, tapando las raíces con un material como hojas, tela, papel, etc., que las aisle de alguna manera del contacto con el aire.

No se apilarán en ningún caso unas plantas sobre otras, o tan apretadamente que puedan resultar dañadas por la compresión o el calor.

No deben realizarse plantaciones en época de heladas. Si las plantas se reciben en obra en una de esas épocas deberán depositarse hasta que cesen las heladas. Si las plantas han sufrido durante el transporte temperaturas inferiores a 0 °C no deben plantarse (ni siquiera desembalarse), y se colocarán así embaladas en un lugar bajo cubierta, donde puedan deshelerse lentamente. Si presentan síntomas de desecación, se introducirán en un recipiente con agua o con una mezcla de tierra y agua, durante unos días, hasta que los síntomas desaparezcan, o bien se depositarán en una zanja, cubriendo con tierra húmeda la totalidad de la planta (no sólo las raíces). Siempre se tendrá en cuenta el efecto de drenaje producido por la capa del suelo que rellena la parte más inferior del hoyo de plantación. Si se considera que el efecto de drenaje producido por esta capa no es suficiente, por estar formada por elementos muy finos, se colocará una capa filtrante de grava en el fondo de los hoyos.

Antes de “presentar” la planta, se echará en el hoyo la cantidad precisa de tierra para que el cuello de la raíz quede luego a nivel del suelo o ligeramente más bajo.

Sobre este particular, que depende de la condición del suelo y de los cuidados que puedan proporcionarse después, se seguirán las indicaciones de la Dirección de Obra, y se tendrá en cuenta el asiento posterior del aporte de tierra, que puede establecerse como término medio, alrededor del quince por cien.

En la orientación de las plantas se seguirán las normas que a continuación se indican: Los ejemplares de gran tamaño se colocarán con la misma que tuvieron en origen.

En las plantaciones aisladas, la parte menos frondosa se orientará hacia el sudeste para favorecer el crecimiento del ramaje al recibir el máximo de luminosidad.

Las plantaciones continuas (pantallas, cerramientos) se harán de modo que la cara menos vestida sea la más próxima al exterior.

Artículo 29. Condiciones de las instalaciones

Toda planta ya sea en raíz desnuda, cepellón o contenedor de la que, en el momento de su recepción, no se prevea su plantación en un plazo máximo de 12 horas deberá ser depositada en la zona del Vivero de obra destinada a su mantenimiento. Se asegurará que se suministre suficiente agua para el adecuado mantenimiento de las plantaciones. Los lotes de distinta procedencia no se mezclarán y, a efectos de su plantación en el vivero, serán de aplicación las condiciones establecidas en el Artículo Ejecución de plantaciones.

El área de mantenimiento dispondrá de una zona destinada al endurecimiento de la planta. Quedará a criterio de la Dirección de Obra ordenar el trasplante de lotes, bien procedan del área interior del Vivero de obra, bien si a su recepción en obra se estimarán unas condiciones de vegetación no aptas para su plantación definitiva.

Artículo 30. Criterios de aceptación y rechazo

La planta de paso por Vivero de obra se aceptará o rechazará a su recepción en obra. Serán de obligado cumplimiento todas las condiciones de control de calidad recogidas en los Apartados Dimensionado del Material Vegetal y Sanidad Vegetal. La Dirección de Obra, en función del grado de cumplimiento de dichas condiciones, decidirá la aceptación o el rechazo del lote en

origen. En cualquier caso, la aceptación de la Unidad de Obra bajo el supuesto de incumplimiento de condiciones de muestreo quedará condicionada a su viabilidad futura.

Artículo 31. Control de calidad de la plantación

Con posterioridad a la plantación se podrá proceder a un muestreo de la ejecución definiéndose para cada Unidad de muestra como mínimo la calificación de los siguientes parámetros:

- Verticalidad
- Dimensionado
- Situación del cuello
- Grado de destrucción de la mota
- Integridad del sistema radicular

La valoración de los mencionados parámetros por parte de la Dirección de Obra decidirá el rechazo o la aceptación de la Unidad de muestra.

Criterios de aceptación y rechazo

Se aceptará el lote de plantación si todas las muestras cumplen las condiciones establecidas en el presente Artículo. En caso de que alguna muestra incumpla las condiciones establecidas en el presente Artículo en un porcentaje superior al 5% de las plantas, quedará a criterio de la Dirección Ambiental de Obra el rechazo de esta Unidad de Obra o, en su defecto, ordenar las enmiendas oportunas, sin que en ningún caso éstas o la nueva ejecución sean objeto de abono. En cualquier caso, la aceptación de la Unidad de Obra bajo el supuesto del incumplimiento de condiciones de muestreo quedará condicionada a su viabilidad futura.

Artículo 32. Salida del vivero hacia el área de plantación

La preparación de la planta para su transporte al lugar de plantación, se efectuará de acuerdo con las exigencias de la especie, edad de la planta y sistema de transporte elegido. Las especies trasplantadas a raíz desnuda se protegerán en su zona radicular mediante material orgánico adecuado. Las plantas en maceta se dispondrán de manera que ésta quede fija y aquellas suficientemente separadas unas de otras, para que no se molesten entre sí.

El transporte se organizará de manera que sea lo más rápido posible, tomando las medidas oportunas contra los agentes atmosféricos, y en todo caso la planta estará convenientemente protegida. El número de plantas transportadas desde el Vivero de obra al lugar de la plantación, debe ser el que diariamente pueda plantarse. Cuando no sea así, se depositarán las plantas sobrantes en zanjas, cubriendo el sistema radicular convenientemente y protegiendo toda la planta. Si el terreno no tuviera tempero, se efectuará un riego de la zanja manteniendo ésta con la suficiente humedad.

Artículo 33. Reposición de marras

Se define como reposición de marras la resiembra y sustitución de plantas que el Contratista deberá efectuar durante la ejecución de las obras y durante el período de garantía, hasta su recepción definitiva, cuando las especies correspondientes no hayan tenido el desarrollo previsto, a juicio de la Dirección de Obra, o hayan sido dañadas por accidentes. Se tolerará, en el control anterior a transcurrir el período de garantía, una mortandad máxima del 5% del volumen total de la plantación. Si se observara un porcentaje superior, se sustituirá la planta muerta, por encima de ese límite, sin cargo alguno al propietario.

CAPÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

Epígrafe I: Obligaciones y derechos del contratista

Artículo 34. Remisión de solicitud de ofertas

Por la Dirección Técnica se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones específicas en el presente Proyecto para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado Proyecto o un extracto con los datos suficientes. En el caso de que el ofertante lo estime de su interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación. El plazo máximo fijado para la recepción de ofertas será de un mes.

Artículo 35. Residencia del contratista

Desde que se dé principio a las obras, hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado deberán residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento del Director y notificándole expresamente, la persona que, durante su ausencia le ha de representar en todas sus funciones. Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados y operarios de cualquier ramo que, como dependientes de la contrata, intervengan en las obras y, en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia, designada como oficial de la Contrata en los documentos del reformado del proyecto, aún en ausencia o negativa de recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

Artículo 36. Reclamaciones contra las órdenes de dirección

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas del Director, solo podrá presentarlas a través del mismo ante la propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes; contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Director, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno mediante exposición razonada, dirigida al Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Artículo 37. Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe

Por falta del cumplimiento de las instrucciones del Director o sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras; por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el Contratista tendrá la obligación de sustituir a sus dependientes y operarios, cuanto el Director lo reclame.

Artículo 38. Copia de los documentos

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Pliegos de condiciones, presupuestos y demás documentos de la contrata. El Director de la Obra, si el Contratista solicita estos, autorizará las copias después de contratadas las obras.

Epígrafe II. - Trabajos, material y medios auxiliares.

Artículo 39. Libro de órdenes.

En la casilla y oficina de la obra, tendrá el Contratista el Libro de Órdenes, en el que se anotarán las que el Director de Obra precise dar en el transcurso de la obra.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es tan obligatorio para el Contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

Artículo 40. Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación: previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el artículo 7 de este Pliego.

El adjudicatario comenzará las obras dentro del plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación. Dará cuenta el Director, mediante oficio, del día que se propone iniciar los trabajos, debiendo éste dar acuse de recibo. Las obras quedarán terminadas dentro de los meses establecidos por el Director. El Contratista está obligado al cumplimiento de todo cuanto se dispone en el Reglamento Oficial del Trabajo.

Artículo 41. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales de índole Técnica" y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Para ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Artículo 42. Trabajos defectuosos

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o en los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la contrata.

Artículo 43. Obras y vicios ocultos

Si el Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos de la demolición y de la reconstrucción que se ocasionen, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente; en caso contrario correrán a cargo del propietario.

Artículo 44. Materiales no utilizables o defectuosos.

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los apartados sin que antes sean examinados y aceptados por el Director, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de condiciones, vigente en la obra. Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicados serán a cargo del Contratista.

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Director dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los Pliegos o, a falta de estos, a las órdenes del Director.

Artículo 45. Medios auxiliares.

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras aun cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Director y dentro de los límites de posibilidad.

Serán de cuenta del Contratista, los medios auxiliares de protección y señalización de la obra, tales como vallado, elementos de protección provisionales, señales de tráfico adecuadas, señales luminosas nocturnas, etc. y todas las necesarias para evitar accidentes previsibles en función del estado de la obra y de acuerdo con la legislación vigente.

Epígrafe III: Recepción y liquidación.

Artículo 46. Recepciones provisionales

Para proceder a la recepción provisional de las obras será necesaria la asistencia del Propietario, del Director de la Obra y del Contratista o su representante debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía, que se considerará de un año.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Director debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder a la recepción provisional de la obra. Después de realizar un escrupuloso reconocimiento y si la obra estuviese conforme con las condiciones de este Pliego, se levantará un acta por duplicado, a la que acompañarán los documentos justificantes de la liquidación final. Una de las actas quedará en poder de la propiedad y la otra se entregará al Contratista.

Artículo 47. Plazo de garantía

Desde la fecha en que la recepción provisional quede hecha, comienza a contarse el plazo de garantía que será de un año. Durante este periodo, el Contratista se hará cargo de todas aquellas reparaciones de desperfectos imputables a defectos y vicios ocultos.

Artículo 48. Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que las instalaciones no hayan sido ocupadas por el Propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuere menester para su buena conservación, abonándose todo aquello por cuenta de la contrata. Al abandonar el Contratista las instalaciones, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión de contrato, está obligado a dejarlo desocupado y de forma correcta en el plazo que el Director fije. Después de la recepción provisional de las instalaciones y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, etc., que los indispensables para los trabajos que fuere preciso realizar. En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y repasar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

El Contratista se obliga a destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará su servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Dirección Facultativa.

Artículo 49. Recepción definitiva

Terminado el plazo de garantía, se verificará la recepción definitiva con las mismas condiciones que la provisional, y si las obras están bien conservadas y en perfectas condiciones, el contratista quedará relevado de toda responsabilidad económica; en caso contrario se retrasará la recepción definitiva hasta que, a juicio del Director de Obra, y dentro del plazo que se marque, queden las obras del modo y forma que se determinen en este Pliego. Si en nuevo reconocimiento resultase que el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de la fianza, a no ser que la propiedad crea conveniente conceder un nuevo plazo.

Artículo 50. Liquidación final

Terminadas las obras, se procederá a la liquidación fijada, que incluirá el importe de las unidades de obra realizadas y las que constituyen modificaciones del Proyecto, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección Técnica con sus precios. De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Entidad propietaria con el visto bueno del Director.

Artículo 51. Liquidación en caso de rescisión

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatorio, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la rescisión.

Epígrafe IV. - Facultades de la dirección de obras**Artículo 52. Facultades de la dirección de obras.**

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al Director, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen bien por sí o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, sobre las personas y cosas situadas en la obra

y en relación con los trabajos que para la ejecución de los embalses y obras anejas se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar al Contratista, si considera que el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

CAPÍTULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA

Epígrafe I. - Base fundamental

Artículo 53. Base fundamental.

Como base fundamental de estas "Condiciones de Índole Económica", se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y particulares que rijan la construcción de lo expuesto en el proyecto y obra aneja contratada.

Epígrafe II. - Garantías de cumplimiento y fianzas

Artículo 54. Garantías.

El Director podrá exigir al contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del contrato.

Artículo 55. Fianzas.

Se podrá exigir al Contratista, para que responda del cumplimiento de lo contratado, una fianza del 15% del presupuesto de las obras adjudicadas.

Artículo 56. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Director, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

Artículo 57. Devolución de la fianza

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el contratista haya acreditado, por medio de certificado del Alcalde del Distrito Municipal en cuyo término se halla emplazada la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra él por daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

Epígrafe III. - Precios y revisiones.

Artículo 58. Precios contradictorios.

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma: El Adjudicatario formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad.

La Dirección Técnica estudiará el que, según su criterio, deba utilizarse. Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección Técnica el Acta de Avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio. Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, el Sr. Director propondrá a la propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Adjudicatario o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto. La fijación del precio contradictorio habrá de preceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Adjudicatario estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle el Sr. Director y a concluirla a satisfacción de éste.

Artículo 59. Reclamaciones de aumento de precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error y omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución de las obras. Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no servir este documento de base a la contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las "Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa", sino en el caso de que el Director o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

Artículo 60. Revisión de precios

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello, que no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante, y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que es característica de determinadas épocas anormales, se admite, durante ellas, la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en anomalía con las oscilaciones de los precios en el mercado.

Por ello y en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración de precio, que repercuta, aumentando los contratos.

Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado, y

por causa justificada, especificándose y acordándose, también, previamente, la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta y cuando así proceda, el acopio de materiales de obra, en el caso de que estuviesen total o parcialmente abonados por el propietario.

Si el propietario o el Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transporte, etc., que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores a los pedidos por el contratista, en cuyo caso lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transporte, etc., adquiridos por el Contratista merced a la nueva información del propietario. Cuando el propietario o el Director, en su representación, no estuviese conforme a los nuevos precios de los materiales, transporte, etc., concertará entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad por la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y fecha en que empezarán a regir los precios revisados. Cuando, entre los documentos aprobados por ambas partes, figure el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

Artículo 61. Elementos comprendidos en el presupuesto

Al fijar los precios de las diferentes unidades de obra en el presupuesto, se ha tenido en cuenta el importe de andamios, vallas, elevación y transporte de material, es decir, todos los correspondientes a medios auxiliares de la construcción, así como toda suerte de indemnizaciones, impuestos, multas o pagos que tengan que hacerse por cualquier concepto, con los que se hallen gravados o se graven los materiales o las obras por el Estado, Provincia o Municipio. Por esta razón no se abonará al Contratista cantidad alguna por dichos conceptos. En el precio de cada unidad también van comprendidos los materiales accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra completamente y en disposición de recibirse.

Epígrafe IV. - Valoración y abono de los trabajos.

Artículo 62. Valoración de la obra.

La medición de la obra concluida se hará por el tipo de unidad fijada en el correspondiente presupuesto.

La valoración deberá obtenerse aplicando a las diversas unidades de obra, el precio que tuviese asignado en el Presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que correspondan al beneficio industrial y descontando el tanto por ciento que corresponda a la baja en la subasta hecha por el contratista.

Artículo 63. Mediciones parciales y finales.

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de cuyo acto se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, de haberse verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del contratista o de su representación legal. En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

Artículo 64. Equivocaciones en el presupuesto

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios de tal suerte, que la obra ejecutada con arreglo al Proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna. Si, por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

Artículo 65. Valoración de las obras incompletas

Cuando por consecuencia de la rescisión u otras causas fuera preciso valorar las obras incompletas, se aplicarán los precios del presupuesto, sin que pueda pretenderse hacer la valoración de la unidad de obra fraccionándola en forma distinta a la establecida en los cuadros de descomposición de precios.

Artículo 66. Carácter provisional de las liquidaciones parciales

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden. La propiedad se reserva en todo momento y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, a cuyo efecto deberá presentar el contratista los comprobantes que se exijan.

Artículo 67. Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá precisamente, al de las Certificaciones de obra expedidas por el Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

Artículo 68. Suspensión por retraso de pagos

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo del que les corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

Artículo 69. Indemnización por retraso de los trabajos

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista por causas de retraso no justificado, en el plazo de terminación de las obras contratadas, será el importe de la suma de perjuicios materiales causados.

Artículo 70. Indemnización por daños de causa mayor al contratista

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas, averías o perjuicio ocasionadas en las obras, sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se considerarán como tales casos únicamente los que siguen:

1. - Los incendios causados por electricidad atmosférica.
2. - Los daños producidos por terremotos y maremotos.

3. - Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de ríos superiores a las que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que el Contratista tomo las medidas posibles, dentro de sus medios, para evitar o atenuar los daños.
4. - Los que provengan de movimientos del terreno en que estén construidas las obras.
5. - Los destrozos ocasionados violentamente, a mano armada, en tiempo de guerra, movimientos sediciosos populares o robos tumultuosos.

La indemnización se referirá, exclusivamente, al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá los medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc., propiedad de la Contrata.

Epígrafe V. - Varios

Artículo 71. Mejora de obras

No se admitirán mejora de obra, más en el caso en que el Director haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

Artículo 72. Seguro de los trabajos

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada, durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá, en todo momento, con el valor que tengan, por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará a cuenta, a nombre del propietario, para que, con cargo a ella, se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos de la construcción.

En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecha en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la construcción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero solo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Director.

En las obras de reforma o reparación se fijará, previamente, la proporción de la obra que se debe asegurar y su cuantía, y si nada se previese, se entenderá que el seguro ha de comprender toda parte de embalse afectado por la obra. Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguros, los pondrá el contratista antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

CAPÍTULO V: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.

Artículo 73. Jurisdicción

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrados en número igual por ellas y presidido por el Director de la Obra y, en último término, a los Tribunales de Justicia del lugar en que radique la propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto (la Memoria no tendrá la consideración de documento de Proyecto). El contratista se obliga a lo establecido en la Ley de contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de Accidentes de Trabajo, Subsidio Familiar y Seguros Sociales.

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realicen durante las obras actos que mermen o modifiquen la propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Director.

Artículo 74. Accidentes de trabajo y daños a terceros.

En caso de accidentes ocurridos con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos, en la legislación vigente, y siendo, en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que, por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los trabajadores, en todos los lugares peligrosos de la obra. De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la construcción donde se efectúen las obras como en las contiguas. Serán por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.

Artículo 75. Pagos de arbitrios.

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras por concepto inherente a los propios trabajos que se realizan correrá a cargo de la Contrata, siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, el Contratista deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que el Director considere justo hacerlo

Artículo 76. Causas de rescisión del contrato.

Se considerarán causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1. La muerte o incapacidad del Contratista.

2. La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos se ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquello derecho a indemnización alguna.

3. Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:

a). La modificación del Proyecto en forma tal que presente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Director y, en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente aproximadamente el 40%, como mínimo, de algunas unidades del Proyecto modificadas.

b). La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o en menos, del 40%, como mínimo de las unidades del Proyecto modificadas.

4. La suspensión de la obra comenzada y, en todo caso, siempre que, causas ajenas a la Contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de quince días, a partir de la adjudicación, en este caso, la devolución de la fianza será automática.

5. La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido un año.

6. El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.

7. El incumplimiento de las condiciones del Contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.

8. La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a ésta.

9. El abandono de la obra sin causa justificada.

10. La mala fe en la ejecución de los trabajos.

Huesca, a 28 de Noviembre de 2020,

LA PROPIEDAD

EL GRADUADO EN
INGENIERIA AGROALIMENTARIA

Jorge Latorre Moreno

Estudio de seguridad y salud

Plantación de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.)
D.A.Webb) en superintensivo de 23.3 ha con
sistema de fertirrigación mediante estiércol de
porcino en el T.M. de Monreal del Campo, Teruel

Autor

Jorge Latorre Moreno

ÍNDICE

1. MEMORIA INFORMATIVA.....	1
1.1. Datos de la obra y antecedentes.	1
1.1.1. Emplazamiento.	1
1.1.2. Uso anterior del solar.....	2
1.2. Descripción de la obra y problemática de su entorno.	2
1.2.1. Tipo de obra.....	2
1.2.2. Movimiento de tierras.	2
1.2.3. Existencia de antiguas instalaciones.	2
1.2.4. Circulación de personas ajenas a la obra.	2
1.2.5. Suministro de energía eléctrica.	2
1.2.6. Suministro de agua potable.....	2
2. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
2.1. Aplicación de la seguridad en el proceso constructivo	3
2.1.1. Excavación	3
2.2. Movimiento de tierras.....	4
2.2.1. Descripción de los trabajos.....	4
2.2.2. Riesgos más frecuentes.....	4
2.2.3. Normas básicas de seguridad.	4
2.2.4. Protecciones personales.	4
2.2.5. Protecciones colectivas.	4
2.2.6. Acabados e instalaciones.	4
2.2.7. Albañilería.....	5
2.3. Colocación de tuberías.....	6
2.3.1. Riesgos más frecuentes.....	6
2.3.2. Normas preventivas	6
2.3.3. Equipo de protección individual	7
2.4. Montaje de prefabricados	7
2.4.1. Riesgos más frecuentes.....	7
2.4.2. Normas preventivas	7
2.4.3. Equipo de protección individual	8
2.5. Instalaciones sanitarias	8

2.5.1.	Dotación de aseo.	8
2.5.2.	Dotación del vestuario.	8
2.5.3.	Dotación del almacén.....	8
2.5.4.	Dotación de la oficina.....	8
2.6.	Instalación contra incendios.	9
2.7.	Maquinaria para movimientos de tierras.....	9
2.7.3.	Retroexcavadora.....	11
2.8.	Maquinaria de elevación	11
2.8.1.	Camión grúa.....	11
2.9.	Maquinas-herramientas.....	13
2.9.1.	Herramientas manuales.....	13
2.10.	Medios auxiliares	14
2.10.1.	Descripción de los medios auxiliares.	14
3.	ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS TRABAJOS DE REPARACION, CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO	15
3.1.	Mantenimiento	15

1. MEMORIA INFORMATIVA

1.1. Datos de la obra y antecedentes.

1.1.1. Emplazamiento.

Los trabajos del presente Estudio de Seguridad y Salud se desarrollan en el término Municipal de Monreal del Campo en la provincia de Teruel. En una finca situada en el paraje Masía de la Huesa del moro, la cual esta constituida de diversas parcelas.

1.1.1.1. Denominación.

En la finca anteriormente citada, se pretende llevar a cabo la plantación de 23,3 ha de almendros en superintensivo. También se realizará la instalación de un riego subterráneo localizado.

1.1.1.2. Presupuesto estimado.

El presupuesto estimado es de 804.502,08€.

1.1.1.3. Plazo de ejecución.

Se tiene programado un plazo de ejecución inicial de 6 meses.

1.1.1.4. Número de trabajadores.

En base a los estudios de planeamiento de la ejecución de la obra, se estima que el número máximo de trabajadores alcanzará la cifra de 5 operarios.

1.1.1.5. Parcelas colindantes.

Las parcelas colindantes que existen pertenecen a diferentes fincas de otros propietarios y del promotor del presente proyecto, las cuales son usadas para el cultivo de cereales extensivos y pastos de ganado ovino.

1.1.1.6. Accesos.

El acceso a la obra por parte de los transportes de material a la misma no presenta dificultades, el acceso a la finca se realiza por uno de concentración parcelaria, que es repasada todos los años por la diputación.

1.1.1.7. Topografía.

La superficie de la parcela tiene una orografía bastante regular con un desnivel máximo de 15 metros.

1.1.1.8. Climatología del lugar.

Climatológicamente la zona es muy fría en invierno y con veranos calurosos, existe la posibilidad de que se den heladas tardías los meses primaverales que son las que debemos tomar medidas para evitar que sea muy dañinas, eligiendo variedades de floración tardía y extra-tardía.

1.1.1.9. Lugar del centro asistencial más próximo en caso de accidente.

La ubicación del Centro Asistencial de la Seguridad Social más próximo a la obra se encuentra a 7 km en Monreal del Campo.

1.1.2. *Uso anterior del solar.*

El uso anterior también era agrícola, se cultivan cereales extensivos. Además de colindar con una explotación de ovino, actualmente cerrada.

1.2. Descripción de la obra y problemática de su entorno.

1.2.1. *Tipo de obra.*

Se pretende realizar una instalación de riego por goteo, realizando las zanjas necesarias así como mejorar parte de la instalación existente como la caseta de bombeo que se quedara antigua para este proyecto.

1.2.2. *Movimiento de tierras.*

Las obras de explanación de tierras, y aperturas de zanjas y pozos se llevarán a cabo de acuerdo con los espesores y profundidades señalados en la documentación del proyecto.

Por las zanjas cavadas circularan las tuberías generales, y de estas saldrán de sus respectivas secundarias y terciarias de las cuales saldrá dos líneas de gotero para cada línea de almendros.

1.2.3. *Existencia de antiguas instalaciones.*

Existe una nave que será usada de almacén para guardar maquinaria agrícola, una caseta que dispone ya de un generador eléctrico de gasóleo que suministra energía a la bomba del pozo, utilizada para abastecer de agua a la explotación ovina.

1.2.4. *Circulación de personas ajenas a la obra.*

Como la obra se realiza en una zona sin tránsito, no será necesaria ninguna medida de seguridad en este apartado, ya que todas las personas que se encuentren cerca de obra pertenecerán a ella.

1.2.5. *Suministro de energía eléctrica.*

Toda la energía usada tanto para la construcción de los riegos y parcela será obtenida mediante el generador eléctrico de gasóleo principal y un generador auxiliar más pequeño y móvil.

1.2.6. *Suministro de agua potable.*

El suministro de agua potable será facilitado por la empresa que ejecute la obra, ya sea para consumo humano o para otros fines ligados a la obra.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1. Aplicación de la seguridad en el proceso constructivo

2.1.1. Excavación

2.1.1.1. Descripción de los trabajos.

La excavación será necesaria para colocar las tuberías de PVC que llevarán el agua a los ramales portagoteros. Antes de iniciar estos trabajos, se habrán realizado las Instalaciones higiénicas provisionales.

2.1.1.2. Riesgos más frecuentes.

- Caídas al mismo nivel, a consecuencia del estado del terreno.
- Heridas punzantes, causadas por las armaduras.
- Caídas de objetos desde la maquinaria.
- Atropellos causados por la maquinaria.

2.1.1.3. Normas básicas de seguridad.

- Realización del trabajo por personal cualificado.
- Clara delimitación de las áreas para acopio de tubos, depósito de lodos, etc.
- Las armaduras antes de su colocación, estarán totalmente terminadas, eliminándose así el acceso del personal al fondo de las zanjas, estas las usaremos en la construcción de la caseta de riego.
- Durante el izado de los tubos, estará prohibida la permanencia de personal, en el radio de acción de la máquina.
- Mantenimiento en el mejor estado posible de limpieza, de la zona de trabajo, habilitando para el personal, caminos de acceso a cada lugar de trabajo.

2.1.1.4. Protecciones personales.

- Casco homologado, en todo momento.
- Guantes de cuero para el manejo de juntas y hormigonado, ferralla, etc.
- Mono de trabajo, trajes de agua.
- Botas de goma.

2.1.1.5. Protecciones colectivas.

- Perfecta delimitación de la zona de trabajo de la maquinaria.
- Organización del tráfico y señalización.
- Adecuado mantenimiento de la maquinaria.
- Protección de la zanja, mediante barandilla resistente con rodaje.

2.2. Movimiento de tierras

2.2.1. Descripción de los trabajos.

Se iniciarán con un subsolado profundo para enterrar el estiércol y eliminar compactaciones de los diferentes horizontes del suelo. El siguiente paso será abrir zanjas para la instalación de las tuberías principales del riego.

2.2.2. Riesgos más frecuentes.

- Atropellos y colisiones, originados por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamientos de las máquinas.
- Caídas en altura.
- Generación de polvo.
- Explosiones e incendio.

2.2.3. Normas básicas de seguridad.

- Las maniobras de la maquinaria, estarán dirigidas por persona distinta al conductor.
- Las paredes de la excavación, se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo más de un día, por cualquier circunstancia.
- Se cumplirá, la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Al realizar trabajos en zanja la distancia mínima entre los trabajadores será de 1 m.
- La salida al camino de camiones, será avisada por personal distinto al conductor, para prevenir a los posibles usuarios de la vía.
- Mantenimiento correcto de la maquinaria.

2.2.4. Protecciones personales.

- Casco homologado.
- Mono de trabajo y en su caso trajes de agua y botas.
- Empleo del cinturón de seguridad, por parte del conductor de la maquinaria, si estaba dotada de cabina antivuelco.

2.2.5. Protecciones colectivas.

- Recipientes que contengan productos tóxicos o inflamables herméticamente cerrados.
- No apilar materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso.
- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla.

2.2.6. Acabados e instalaciones.

2.2.6.1. Descripción de los trabajos.

Instalaciones de electricidad:

- Caídas de personal al mismo nivel, por uso indebido de las escaleras.
- Electrocutaciones.
- Cortes en extremidades superiores.

2.2.6.2. Aspectos a llevar a cabo:

Pinturas y barnices:

- Ventilación adecuada en los lugares donde se realizan los trabajos.
- Estarán cerrados los recipientes que contengan disolventes y alejados del calor y del fuego.

Instalaciones de electricidad:

- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión.
- Las pruebas que se tengan que realizar con tensión se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica.
- La herramienta manual se revisará con periodicidad para evitar cortes en su uso.

Protecciones personales:

- Mono de trabajo.
- Casco aislante homologado.

Protecciones colectivas:

- La zona de trabajo estará siempre limpia y ordenada, e iluminada adecuadamente.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijera; si son de mano serán de madera con elementos antideslizantes en su base.
- Se señalizarán convenientemente las zonas donde se esté trabajando.

2.2.7. Albañilería.

2.2.7.1. Descripción de los trabajos.

Los trabajos de albañilería que se pueden realizar en la obra no son muy abundantes. Se llevan a adaptación de la nueva maquinaria a la caseta de riego y la construcción de arquetas prefabricadas en los puntos donde marque el proyecto.

2.2.7.2. Riesgos más frecuentes.

- Salpicaduras a los ojos sobre todo en trabajos realizados en los techos.
- Dermatitis; por contacto con las pastas y morteros.
- Proyección de partículas al cortar los materiales
- Corte y heridas
- Aspiración de polvo al usar máquinas para cortar o lijar.
- Sobreesfuerzos.
- Caídas de altura a diferente nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Golpes en extremidades superiores e inferiores.

2.2.7.3. Normas básicas de seguridad.

Hay una norma básica para todos estos trabajos, es el orden y la limpieza en cada uno de los trabajos, estando las superficies de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros) los cuales pueden provocar golpes o caídas, obteniéndose de esta forma un mayor rendimiento y seguridad.

2.2.7.4. Protecciones personales.

- Mono de trabajo.

- Casco de seguridad homologado para todo el personal.
- Guantes de goma fina o caucho natural.
- Uso de dediles reforzados con cota de malla para trabajos de apertura de rozas manualmente.
- Manoplas de cuero.
- Gafas de seguridad.
- Gafas protectoras.
- Mascarillas antipolvo.

2.2.7.5. Protecciones colectivas.

Coordinación de todos los oficios que intervienen en la obra.

2.3. Colocación de tuberías

2.3.1. Riesgos más frecuentes

- Caídas o desprendimientos de materiales situados en las proximidades de las zanjas.
- Golpes o choques con objetos dentro de las zanjas.
- Caída o vuelco de vehículos.
- Caídas de altura
- Caída de la propia tubería al ser bajada a la zanja, con peligro de golpes y atrapamiento.
- Atrapamientos.
- Aplastamiento de extremidades.
- Sobre-esfuerzos.
- Heridas y cortes por objetos, máquinas y herramientas manuales.
- Quemaduras con los elementos de soldadura en las tuberías de PEAD.
- Polvo.
- Dermatitis por contactos con lubricantes.

2.3.2. Normas preventivas

- Todo el personal que se dedique al montaje de tuberías será especialista en ello.
- Las tuberías nunca se acopiarán en los límites de la zanja, puesto que se pueden deslizar y provocar golpes y atrapamientos. En caso de tener que situarse en proximidades, se sujetarán mediante cuñas para evitar su deslizamiento.
- Con tiempo lluvioso se evitará la soldadura de las tuberías de PEAD.
- En todo momento los tajos estarán limpios y ordenados en prevención de tropiezos y pisadas sobre objetos punzantes.
- El acceso y salida de una zanja se efectuará por medios sólidos y seguros.
- Nunca se colocarán las manos en la zona de enchufe de las tuberías de fundición para evitar atrapamientos.
- Se utilizarán guantes de goma para la aplicación de lubricantes a las campanas hembras de enchufe de tuberías de fundición.
- El tractel para el enchufe de tuberías será sólidamente sujetado para evitar deslizamientos.

- Para no mantener grandes tramos de zanjas abiertas se procurará que se monten los tubos a medida que se va abriendo la zanja.
- La eslinga, gancho o balancín empleado para elevar y colocar tubos, estará en perfectas condiciones y será capaz de soportar los esfuerzos a los que estará sometido.
- Se les ordenará a los trabajadores que estén recibiendo los tubos en el fondo de la zanja que se retiren lo suficiente hasta que la grúa lo sitúe, para evitar que una falsa maniobra del gruista puedan resultar atrapados entre el tubo y la zanja.
- El gancho de la grúa debe tener el pestillo de seguridad.
- Se deberán paralizar los trabajos de montaje de tubos bajo regímenes de viento superiores a 60 km/h.

2.3.3. Equipo de protección individual

- Guantes de cuero
- Guantes de PVC o goma para la aplicación del lubricante a las tuberías de fundición.
- Botas de puntera.
- Uso de casco protector.
- Gafas de protección antipartículas.
- Mascarillas antipolvo.
- Cinturón / arnés de seguridad.

2.4. Montaje de prefabricados

2.4.1. Riesgos más frecuentes.

- Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas.
- Atropellos.
- Caídas de las personas.
- Vuelco o desplome de piezas prefabricadas.
- Cortes o golpes por manejo de máquinas-herramientas.
- Aplastamiento de manos o pies al recibir las piezas.

2.4.2. Normas preventivas

- Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos, en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de recibir al borde de los forjados, las piezas prefabricadas servidas mediante grúa. La pieza prefabricada, será izada del gancho de la grúa mediante auxilio de balancines.
- Una vez presentado en el sitio de instalación el prefabricado, se procederá, sin descolgarlo del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos, al montaje definitivo. Concluido el cual, podrá desprenderse del balancín.
- Los trabajos de recepción e instalación del prefabricado se realizarán desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm montados sobre andamios.
- Se instalarán señales de “peligro, paso de cargas suspendidas” sobre los pies derechos bajo los lugares destinados a su paso.
- Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado.

- Si alguna pieza prefabricada llegara a su sitio de instalación girando sobre sí misma, se la intentará detener utilizando exclusivamente los cabos de gobierno.
- Se vigilará cuidadosamente el estado de la maquinaria y elementos auxiliares que se empleen para el izado de los prefabricados.
- No se izarán elementos prefabricados para su colocación bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h.
- Las plantas permanecerán limpias de obstáculos para las maniobras de instalación.
- Para el manejo de los prefabricados se seguirán siempre las indicaciones del fabricante.

2.4.3. Equipo de protección individual

- Uso obligatorio de casco de protección craneal
- Calzado de seguridad
- Guantes de cuero
- Cinturón de seguridad

2.5. Instalaciones sanitarias

Se colocarán durante la ejecución de la obra en la caseta de riego. Serán suficientes, ya que durante la ejecución de estos trabajos, la cifra de operarios no superarán las diez personas.

2.5.1. Dotación de aseo.

- Unos retretes con carga y descarga automática de agua corriente, papel higiénico y percha, en la vivienda, con puerta y cierre interior.
- Dos lavabos con secador de manos por aire caliente, de parada automática y existencias de jabón. Se instalará un espejo de dimensiones 1,00 x 0,50 m.
- Una duchas con puerta.

2.5.2. Dotación del vestuario.

- 4 taquillas metálicas individuales provistas de llave.
- Un banco de madera corrido.
- Un espejo de dimensiones 1,00 x 0,50 m.

En el vestuario se instalará el botiquín de urgencias con agua oxigenada, alcohol de 90º, tintura de yodo, mercurio-cromo, amoniaco, algodón hidrófilo, gasa estéril, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos y termómetro clínico. Todas las estancias, estarán convenientemente dotadas de luz eléctrica.

2.5.3. Dotación del almacén.

- Ningún elemento reseñable.

2.5.4. Dotación de la oficina.

- Una mesa con su silla correspondiente
- Dos sillas
- Un armario

2.6. Instalación contra incendios.

Las causas que propician la aparición de un incendio en una instalación al aire libre no son distintas de las que lo generan en otro lugar: existencia de una fuente de ignición (hogueras, braseros, energía solar, trabajos de soldaduras, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.), junto a una sustancia combustible (encofrados de madera, carburante para la maquinaria, pintura etc.), puesto que el comburente (oxígeno), está presente en todos los casos. Por todo ello, se realizará una revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional así como el correcto acopio de sustancias combustibles con los envases perfectamente cerrados e identificados, a lo largo de la ejecución de la obra, situando este acopio en planta baja, almacenando en las plantas superiores los materiales de cerámica, sanitarios, etc. Los medios de extinción serán los siguientes: extintores portátiles, instalando dos de dióxido de carbono de 12 kg en el acopio de los líquidos inflamables; uno de 6 kg de polvo seco antigrasa en la oficina de obra; uno de 12 kg de dióxido de carbono junto al cuadro general de protección, y por último uno de 6 kg de polvo seco antigrasa en el almacén de herramientas.

Asimismo consideramos que deben tenerse en cuenta otros medios de extinción tales como el agua, la arena, herramientas de uso común, (palas, rastrillos, picos, etc.). Los caminos de evacuación estarán libres de obstáculos; de aquí la importancia del orden y limpieza en todos los aspectos.

Existirá la adecuada señalización indicando los lugares de prohibición de fumar (acopio de líquidos combustibles, situación del extintor, camino de evacuación, etc.). Todas las medidas, han sido consideradas para que el personal extinga el fuego en la fase inicial, si es posible, o disminuya sus efectos hasta la llegada de los bomberos, los cuales, en todos los casos, serán avisados inmediatamente.

2.7. Maquinaria para movimientos de tierras

2.7.1. Pala cargadora

-Riesgos más frecuentes.

- Atropellos y colisiones, en maniobras de marcha atrás y giros.
- Caída de material, desde la cuchara.
- Vuelco de la máquina.

-Normas básica de seguridad:

- Comprobación y conservación periódica de los elementos de la máquina.
- Empleo de la máquina por personal autorizado y cualificado.
- Si se cargan piedras de tamaño considerable, se hará una cama de arena sobre el elemento de carga, para evitar rebotes y roturas.
- Estará prohibido el transporte de personas en la máquina.
- La batería quedará desconectada, la cuchara apoyada en el suelo y la llave de contacto no quedará puesta, siempre que la máquina finalice su trabajo por descanso u otra causa.
- No se fumará durante la carga de combustible, ni se comprobará con llama el llenado del depósito

- Se considerarán las características del terreno donde actúa la máquina para evitar accidentes por giros incontrolados al bloquearse un neumático. El hundimiento del terreno puede originar el vuelco de la máquina con grave riesgo para el personal.

2.7.1.1. Protecciones personales

- El operador llevará en todo momento
- Casco de seguridad homologado.
- Botas antideslizantes.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Gafas de protección contra el polvo en tiempo seco.
- Asiento anatómico.

2.7.1.2. Protecciones colectivas

- Estará prohibida la permanencia de personas en la zona del trabajo de la máquina.

2.7.2. Camión basculante

- Riesgos más frecuentes:

- Choques con elementos fijos de la obra
- Atropellos y aprisionamiento de personas en maniobras de operaciones de mantenimiento.
- Vuelcos, al circular por la rampa de acceso

2.7.2.1. Normas básicas de seguridad

- Al realizar las entradas o salidas del solar los hará con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra.
- Respetará todas las normas del código de circulación.
- Si por cualquier circunstancia, tuviera que parar en la rampa de acceso, el vehículo quedará frenado, y calzado con topes.
- Respetará en todo momento la señalización de la obra.
- Las maniobras, dentro del recinto de obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas, auxiliándose del personal de la obra.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.

2.7.2.2. Protecciones personales

El conductor del vehículo cumplirá las siguientes normas:

- Usar casco homologado, siempre que baje del camión.
- Durante la carga, permanecerá fuera del radio de acción de las máquinas y alejado del camión.
- Antes de comenzar la descarga tendrá echado el freno de mano.

2.7.2.3. Protecciones colectivas

- No permanecerá nadie en las proximidades del camión, en el momento de realizar este tipo de maniobras. Si descarga material, en las proximidades de la zanja y pozo, se aproximará a una distancia máxima de 1 m., garantizando ésta mediante topes.

2.7.3. Retroexcavadora

-Riesgos más frecuentes:

- Vuelco con hundimiento del terreno.
- Golpes a personas o cosas en el movimiento de giro.

2.7.3.1. Normas básicas de seguridad

- No se realizarán reparaciones u operaciones de mantenimiento con la máquina funcionando.
- La cabina, estará dotada de extintor de incendios, al igual que el resto de las máquinas
- La intención de moverse se indicará con el claxon (por ejemplo: dos pitidos para andar hacia delante y, tres hacia atrás).
- El conductor no abandonará la máquina sin parar el motor y la puesta de la marcha contraria al sentido de la pendiente.
- El personal de la obra estará fuera del radio de acción de la máquina para evitar atropellos y golpes, durante los movimientos de ésta o por algún giro imprevisto al bloquearse una oruga.
- Al circular, lo hará con la cuchara plegada.
- Al finalizar el trabajo de la máquina, la cuchara quedará apoyada en el suelo o plegada sobre la máquina; si la parada es prolongada se desconectará la batería y se retirará la llave de contacto.
- Durante excavación del terreno en la zona entrada al solar, la máquina estará calzada al terreno mediante sus zapatas hidráulicas.

2.7.3.2. Protecciones personales

El operador llevará en todo momento:

- Casco de seguridad homologado.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas antideslizantes.
- Limpiará el barro adherido al calzado, para que no resbalen los pies sobre los pedales.

2.7.3.3. Protecciones colectivas

- No permanecerá nadie en el radio de acción de la máquina.
- Al descender por la rampa el brazo de la cuchara estará situado en la parte trasera de la máquina.

2.8. Maquinaria de elevación

2.8.1. Camión grúa.

- Riesgos más frecuentes
- Rotura del cable o gancho
- Caída de la carga.
- Caídas en altura de personas, por empuje de la carga.
- Golpes y aplastamientos por la carga.
- Ruina de la máquina por viento, exceso de carga, arriostamiento deficiente, etc.

2.8.1.1. Normas básicas de seguridad

- Todos los trabajos están condicionados por los siguientes datos: Carga máxima kg; longitud pluma 25 m; carga en punta 750 kg; contrapeso 4.000 kg.
- El gancho de izado dispondrá de limitador de ascenso, para evitar el descarrilamiento del carro de desplazamiento.
- Asimismo estará dotado de pestillo de seguridad en perfecto uso.
- El cubo de hormigonado, cerrará herméticamente, para evitar caídas de material.
- Las plataformas para elevación de material cerámico, dispondrán de rodapié de 20 cm, colocando la carga bien repartida, para evitar deslizamientos.
- En ningún momento se efectuarán tiros sesgados de la carga, ni se hará más de una maniobra a la vez.
- La maniobra de elevación de la carga será lenta, de manera que si el maquinista detectase algún defecto depositará la carga en el origen inmediatamente
- Antes de utilizar la grúa, se comprobará el correcto funcionamiento del giro, el desplazamiento del carro, y el descenso y elevación del gancho.
- La pluma de la grúa dispondrá de carteles suficientemente visibles, con las cargas permitidas.
- Todos los movimientos de la grúa, se harán desde la botonera, realizados por persona competente, auxiliado por el señalista.
- Dispondrá de un mecanismo de seguridad contra sobrecargas, y es recomendable, si se prevén fuertes vientos, instalar un anemómetro con señal acústica para 60 km/h., cortando corriente a 80 km/h.
- El ascenso a la parte superior de la grúa se hará utilizando el dispositivo de paracaídas instalado al montar la grúa.
- Si es preciso realizar desplazamientos por la pluma, ésta dispondrá de cable de visita.
- Al finalizar la jornada de trabajo, para eliminar daños a la grúa y a la obra se suspenderá un pequeño peso del gancho de ésta, elevándolo hacia arriba, colocando el carro cerca del mástil, comprobando que no se puede enganchar al girar libremente la pluma; se pondrán a cero todos los mandos de la grúa, dejándola en veleta y desconectando la corriente eléctrica.
- Comprobación de la existencia de certificación de las pruebas de estabilidad después del montaje.

2.8.1.2. Protecciones personales

- El maquinista y el personal auxiliar llevarán casco en todo momento.
- Guantes de cuero al manejar cables u otros elementos rugosos o cortantes.
- Cinturón de seguridad, en todas las labores de mantenimiento, anclado a puntos sólidos o al cable de visita de la pluma.
- La corriente eléctrica estará desconectada si es necesario actuar en los componentes eléctricos de la grúa.

2.8.1.3. Protecciones colectivas

- Se evitará volar la carga sobre otras personas trabajando.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra.

- Durante las operaciones de mantenimiento de la grúa, las herramientas manuales se transportarán en bolsas adecuadas, no tirando al suelo estas, una vez finalizado el trabajo.
- El cable de elevación, y la puesta a tierra se comprobarán periódicamente.

2.9. Maquinas-herramientas

2.9.1. Herramientas manuales

En este grupo incluimos las siguientes: taladro percutor, martillo rotativo, pistola clavadora, lijadora, disco radial, máquina de cortar terrazo y rozadora.

2.9.1.1. Riesgos más frecuentes

- Descargas eléctricas.
- Proyección de partículas.
- Caídas de altura.
- Ambiente ruidoso.
- Generación de polvos.
- Explosiones e incendios.
- Cortes en extremidades
- Normas básicas de seguridad:
- Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
- El personal que utilice estas herramientas ha de conocer las instrucciones de uso.
- Las herramientas serán revisadas periódicamente, de manera que se cumplan las instrucciones de conservación del fabricante
- Estarán acopiadas en el almacén de obra, llevándolas al mismo una vez finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.
- La desconexión de las herramientas, no se hará con un tirón brusco.
- No se usará una herramienta eléctrica sin enchufe; si hubiera necesidad de emplear mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.
- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.

2.9.1.2. Protecciones personales

- Casco homologado de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de la pistola clavadora.
- Cinturón de seguridad, para trabajos en altura.

2.9.1.3. Protecciones colectivas

- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Las mangueras de alimentación a herramientas estarán en buen uso.
- Los huecos estarán protegidos con barandillas.

2.10. Medios auxiliares

2.10.1. Descripción de los medios auxiliares.

Los medios auxiliares más empleados son los siguientes:

- Andamios de servicios, usados como elemento auxiliar, en los trabajos en la caseta de riego siendo:
- Andamios de borriquetas o caballetes, constituidos por un tablero horizontal de tres tableros colocados sobre dos pies en forma de "V" invertida, sin arriostramientos.
- Escaleras, empleadas en la obra por diferentes oficios, destacando dos tipos, aunque uno de ellos no sea un medio auxiliar propiamente dicho, pero los problemas que plantean las escaleras fijas haremos referencia de ellas aquí.
- Escaleras de mano, se dan de dos tipos: metálicas y de madera para trabajos en altura pequeña y de poco tiempo o para acceder a algún lugar elevado sobre el nivel del suelo.

2.10.1.1. Andamios de borriquetas.

- Vuelcos por falta de anclajes o caídas del personal por no usar tres tableros como tablero horizontal.

2.10.1.2. Escaleras fijas.

- Caídas del personal.

2.10.1.3. Escaleras de mano.

- Caídas de niveles inferiores, debidas a la mala colocación de las mismas, rotura de alguno de los peldaños, deslizamiento de la base por excesiva inclinación o estar el suelo mojado.
- Golpes con la escalera al manejarla de forma incorrecta.

Normas básicas de seguridad

2.10.1.4. Escaleras de mano.

- Se colocarán apartadas de elementos móviles que puedan derribarlas.
- Estarán fuera de las zonas de paso.
- Los largueros serán de una sola pieza con los peldaños ensamblados.
- El apoyo inferior se realizará sobre superficies planas, llevando en pie elementos que impidan el desplazamiento
- El apoyo superior se hará sobre elementos resistentes y planos.
- Los ascensos y descensos se harán siempre de frente a ellas.
- Se prohíben manejar en las escaleras pesos superiores a 25 kg.
- Nunca se efectuará trabajos sobre las escaleras que obliguen al uso de las dos manos
- Las escaleras dobles o de tijeras estarán protegidas de cadenas o cables que impidan que éstas se abran al utilizarse.
- La indicación de las escaleras será aproximadamente de 75º que equivalen a estar separadas de la vertical la cuarta parte de su longitud entre los apoyos.

2.10.1.5. Protecciones personales

- Mono de trabajo.
- Casco de seguridad homologado.

2.10.1.6. Protecciones colectivas

- Se delimitará la zona de trabajo en los andamios colgados, evitando el paso del personal por trabajo de éstos, así como éste coincida con zonas de acopio de materiales.
- Se colocarán viseras o marquesinas de protección debajo de la zona de trabajo, principalmente cuando se esté trabajando con los andamios en los cerramientos de fachada.
- Se señalizará la zona de influencia mientras duren las operaciones de montaje y desmontaje de los andamios.

3. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS TRABAJOS DE REPARACION, CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.1. Mantenimiento

La dificultad para desarrollar esta parte del Estudio de Seguridad estriba en que la mayoría de los casos no existe una planificación para el mantenimiento, conservación y entretenimiento.

La experiencia demuestra que los riesgos que aparecen en las operaciones de mantenimiento, entretenimiento y conservación son muy similares a los que aparecen el proceso constructivo, por ello remitimos a cada uno de los epígrafes de los desarrollados en este Estudio de Seguridad e Higiene, en los que se describen los riesgos específicos para cada fase de la obra:

- Albañilería
- Instalaciones

Hacemos especial mención de los riesgos correspondientes a la conservación, mantenimiento y reparación de las instalaciones de saneamiento en la que los riesgos más frecuentes son:

- Inflamaciones y explosiones.
- Intoxicaciones y contaminaciones.
- Pequeños hundimientos.
- Zapatos con suela antideslizantes

Para paliar estos riesgos se adoptarán las siguientes medidas de prevención:

3.1.1.1. Inflamaciones y explosiones

Antes de iniciar los tajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo. Es fundamental tener en cuenta ese aspecto ya que estamos trabajando con un pozo a varios metros de profundidad. En caso de encontrar canalizaciones de gas o de electricidad, se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados. Se establecerá el programa de trabajos claro, que faciliten un movimiento ordenado en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales; es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de

prevención que hay que adoptar. En todo caso, el contratista ha de tener en cuenta que los riesgos de explosión en un espacio subterráneo se incrementan con la presencia de:

- Canalizaciones de alimentación de agua.
- Conducciones eléctricas para iluminación y fuerza.
- Conducciones de línea telefónica
- Conducciones para iluminación de vías públicas.

Para paliar los riesgos citados, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se establecerá una ventilación forzada que obligue a la evacuación de los posibles vapores inflamables. No se encenderán máquinas eléctricas, ni sistemas de iluminación antes de tener constancia de que ha desaparecido el peligro.
- En casos muy peligrosos se realizarán mediciones de la concentración de los vapores en el aire.

3.1.1.2. Intoxicaciones y contaminaciones

Estos riesgos se presentan cuando se localizan en lugares subterráneos concentraciones de aguas residuales por rotura de canalizaciones que las transportan a los puntos de evacuación y son de tipo biológico. Ante la sospecha de un riesgo de este tipo, debe contarse con servicios especializados en detección de agente contaminante y realizarse una limpieza profunda del mismo antes de iniciar los trabajos de mantenimiento o reparación que resulten necesarios.

Es por ello que al usar el pozo para bombear agua al embalse, cada mes deberá revisarse que todo este correcto y no haya ningún tipo de rotura por mínima que sea.

3.1.1.3. Pequeños hundimientos

En todo caso, ante la imposibilidad de que se produzcan atrapamientos del personal que trabaja en zonas subterráneas, se usarán las medidas de entibación en trabajos de mina convenientemente sancionadas por la práctica constructiva (avance en galerías estrechas, pozos, etc.), colocando protecciones cuajadas y convenientemente acodaladas; vigilando a diario la estructura resistente de la propia entibación para evitar que los movimientos de tierras incontrolados hubiera piezas que no trabajaran correctamente y se pudiera provocar la desestabilización del sistema de entibación.

Presupuesto

Plantación de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.)
D.A.Webb) en superintensivo de 23.3 ha con
sistema de fertirrigación mediante estiércol de
porcino en el T.M. de Monreal del Campo, Teruel

Autor

Jorge Latorre Moreno

RELACIÓN DE DOCUMENTOS

- Documento 1: Mediciones y presupuesto
- Documento 2: Cuadro de descompuestos
- Documento 3: Resumen del presupuesto

Documento 1:
Mediciones y presupuesto

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C1 Plantación									
SUBCAPÍTULO 01.2 Planta									
01.2.1	u Smarttre Lauranne Almendo de variedad Lauranne injertado sobre Rootpac 20 de un año de injerto . Material vegetal sano , sin enfermedades ni plagas, certificado.						26.795,00	3,25	87.083,75
01.2.2	u Smarttre Vialfas Almendo de variedad Vialfas injertado sobre Rootpac 20 de un año de injerto . Material vegetal sano , sin enfermedades ni plagas, certificado.						26.795,00	3,25	87.083,75
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.2 Planta.....									174.167,50
SUBCAPÍTULO 01.3 Plantación									
01.3.1	u Tutores Tutor de pino tratado.						53.590,00	0,50	26.795,00
01.3.2	u Protector definitivo						53.590,00	0,15	8.038,50
01.3.3	u Colocación de la planta						53.590,00	0,30	16.077,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.3 Plantación.....									50.910,50
SUBCAPÍTULO 01.4 Actividades Posteriores									
01.4.1	Ha Riego de plantación Riego de asentamiento,aportación de 15-20 litros por planta .						23,30	40,00	932,00
01.4.2	Ha Revisión de plantas Supervisión de las plantas, atado al tutor y correcta colocación del tutor.						23,30	100,00	2.330,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.4 Actividades Posteriores.....									3.262,00
SUBCAPÍTULO 01.1 Preparación del terreno									
01.1.1	Ha Aplicación de estiércol Enmienda orgánica. Estiércol de oveja (60 t/ha)						23,30	50,00	1.165,00
01.1.2	Ha Subsulado Se trabajará con profundidades de 60-70cm que serán llevadas a cabo en dos pasadas cruzadas, gracias un subsolador de 7 púas y doble rodillo descompactador.						23,30	70,00	1.631,00
01.1.3	Ha Despedregado Retirada de la parcela de las piedras superficiales de mayor tamaño.						23,30	30,00	699,00
01.1.4	Ha Labor superficial Cultivador de 21 brazos, nos permitira afinar y allanar el terreno más superficial. Para ello, se van a ejecutar dos labores cruzadas de cultivador a una profundidad de 15-25 cm						23,30	45,00	1.048,50
01.1.5	Ha Rulo compactador Una labor de rulado nos permitira dejar el suelo liso y uniforme para ejecutar el plantado, gracias a un rulo liso con cuchilla de 7,7 metros.						23,30	45,00	1.048,50

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.1 Preparación del terreno.....									5.592,00
SUBCAPÍTULO 01.5 Replanteo									
01.5.1	u Replanteo								
	La replantacion de posibles marras que se ubican por la plantación, en este caso , 1% .								
							550,00	7,50	4.125,00
01.5.2	h Riego auxiliar								
							40,00	3,00	120,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.5 Replanteo.....									4.245,00
TOTAL CAPÍTULO C1 Plantación.....									238.177,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C3 Separadores de estiércol									
SUBCAPÍTULO 03.1 Explotación Porcina									
03.1.1	u Planta de separación								
	Planta de separación para riego gotero con un filtrado de hasta 80 micras para que los goteros de riego no se obturen.								
							1,00	72.495,00	72.495,00
03.1.2	m ² Solera e=10 cm 15x15						225,00	15,94	3.586,50
TOTAL SUBCAPÍTULO 03.1 Explotación Porcina.....									76.081,50
SUBCAPÍTULO 03.2 Finca Plantación									
03.2.1	u Deposito de agua horizontal con cunas de 50 m3								
							2,00	8.591,00	17.182,00
03.2.2	m ² Solera hormigon e=10cm 30 x 30								
	Solera de hormigón armado de 10 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 como armadura de reparto, colocada sobre separadores homologados, extendido y vibrado mecánico mediante extendidora, sin tratamiento de su superficie con juntas de retracción de 5 mm de espesor, mediante corte con disco de diamante. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación. El precio no incluye la base de la solera.								
							900,00	15,94	14.346,00
03.2.3	u Caudalimetro,por ultrasonidos de diámetro 3"								
	Contador ultrasónico con un diseño robusto y fiable perfecto para instalaciones agrícolas, redes de abastecimiento de agua y otras aplicaciones de uso industrial.								
							1,00	640,00	640,00
03.2.4	u Motobomba de caudal								
	Motobomba de agua con salida de 3", caudal: 36.000 l/h, elevación: 30m								
							1,00	188,00	188,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 03.2 Finca Plantación									32.356,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPÍTULO 03.3 Transporte									
03.3.1	u Transporte fracción líquida								
							70,00	40,00	2.800,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 03.3 Transporte.....									2.800,00
TOTAL CAPÍTULO C3 Separadores de estiércol.....									111.237,50

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C2 Riego									
SUBCAPÍTULO 02.1 Programador de riego									
02.1.1	u Programador de riego						1,00	425,00	425,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.1 Programador de riego.....									425,00
SUBCAPÍTULO 02.2 Deposito de agua									
02.2.1	Deposito 2.000 m3								
	Deposito de agua de 2.000 m3, con paneles galvanizados y revestimiento de plastisol. Medidas: diametro 28,26 m, altura 3,36 m						1,00	34.600,00	34.600,00
02.2.2	Componentes del deposito						1,00	2.700,00	2.700,00
53	Cimentación						1,00	5.800,00	5.800,00
	Cimentación de lona sobre un lecho de arena y zuncho perimetral exterior.								
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.2 Deposito de agua.....									43.100,00
SUBCAPÍTULO 02.3 Tuberias principales									
02.4.1	m PVC 140/10 C/J. E								
	Tubería PVC con junta elastica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diametro 140 mm. Espesor de pared: 5.4 mm. Presión 10 atm. Norma de fabricación UNE-EN 1452.						584,00	7,70	4.496,80
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.3 Tuberias principales.....									4.496,80
SUBCAPÍTULO 02.4 Valvulas									
02.5.1	u DOROT GAL 3" PLAS. 75-BSP								
	Válvula de diafragma auto-operada con la propia presión de la red. Fabricada en nylon reforzado con fibra de vidrio.						6,00	118,00	708,00
02.5.2	u Válvula antisifón rosca 1/2" 6,87								
	Se conectan a collarín en tubería de PE o con accesorio conector roscado para tubería de goteo. Presión mínima de trabajo: 0,5 bar. Presión máxima de trabajo: 5 bar.						350,00	2,87	1.004,50
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.4 Valvulas.....									1.712,50

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPÍTULO 02.5 Tuberías terciarias									
02.7.1	m PVC 63/6 C/J.E Tubería PVC con unión por junta elástica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diámetro 63 mm Espesor de pared: 2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 1452.						966,00	1,33	1.284,78
02.7.2	m PVC 75/6 C/J.E Tubería PVC con unión por junta elástica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diámetro 75mm. Espesor de pared: 2.3 mm.						288,00	1,75	504,00
02.7.3	m PVC 90/6 C/J.E Tubería PVC con unión por junta elástica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diámetro 90 Espesor de pared: 2.8 mm. Norma de fabricación UNE-EN 1452.						150,00	2,64	396,00
02.7.4	m PVC 110/10 C/J. E Tubería PVC con unión por junta elástica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diámetro 110 Espesor de pared: 4.2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 1452.						45,00	4,76	214,20
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.5 Tuberías terciarias.....									2.398,98
SUBCAPÍTULO 02.6 Tuberías laterales									
02.8.1	m DRIPNET 20/100 2.0L/H 0.60M Tubo goteo DRIPNET de NETAFIM de 20X1,2 mm. gotero autocompensante de caudal 2,0 L/H. (Rollo 300 M.)						62.573,00	0,46	28.783,58
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.6 Tuberías laterales.....									28.783,58
SUBCAPÍTULO 02.7 Fertirrigación									
02.9.1	u Depósito de polietileno cilíndrico para dosificación, de 1.000 l Depositos de polietileno enriquecidos con aditivos anti rayos ultravioletas y tratados para calidad alimentaria. Han sido diseñados en color blanco translúcido natural, con lectura de nivel en el cuerpo.						5,00	398,00	1.990,00
02.9.2	u Inyector de fertilizantes El inyector de fertilizantes ayuda en el proceso de fertilización agrícola. El caudal de inyección se ajusta con la regulación mediante una válvula manual de 3/4" instalada en la tubería de alimentación						5,00	544,00	2.720,00
02.9.3	u Bomba inyectora La bomba dosificadora permite inyectar abono líquido a baja presión y no genera ninguna pérdida de carga.						2,00	612,00	1.224,00
02.9.4	u Agitadores industriales Agitador vertical de turbina con brida, motor trifásico de 1/2 HP y caña de 1 metro. La principal función del agitador industrial es agitar y mezclar líquidos o sólidos de baja densidad, garantizando la homogeneidad de la mezcla.						2,00	275,00	550,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.7 Fertirrigación.....									6.484,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPÍTULO 02.8 Instalación y enterrado									
02.10.1	ha Instalación de tuberías Colocación y enterrado de las tuberías riego y ramales de goteros.						23,30	4.500,00	104.850,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.8 Instalación y enterrado.....									104.850,00
SUBCAPÍTULO 02.9 Sistema de filtrado									
02.11.1	Sigma Pro 4" 6000 Filtro polimérico y autolimpiante, con múltiples mallas, que combina la tecnología de succión-escaneo de Amiad® con un innovador diseño compacto. Su bajo consumo de agua y energía, junto con su gran superficie de filtración, lo hace una solución óptima para diversas aplicaciones. Presión máxima de trabajo: 10 bar. Rango de filtración: 80 a 300 micrones. Rango de caudales: 30 a 280 m3/h.						1,00	6.064,00	6.064,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.9 Sistema de filtrado.....									6.064,00
02.1	Programador de riego Programador electrónico de riego automático, para 4 estaciones, con 1 programa y 3 arranques diarios del programa, alimentación por batería de 9 v.						1,00	425,00	425,00
02.2	Deposito de agua						1,00	43.100,00	43.100,00
02.3	Tuberías principales						1,00	4.496,80	4.496,80
02.4	Valvulas						1,00	1.712,50	1.712,50
02.5	Tuberías terciarias						1,00	2.398,98	2.398,98
02.6	Tuberías laterales Tubería DRIPNET de NETAFIM de 20x1.2 mm. con goteros autocompensantes, cada 60 cm. caudal 2,0 L/H. (Rollo 300 M.)						1,00	28.783,58	28.783,58
02.7	Fertirrigación						1,00	6.484,00	6.484,00
02.8	Instalación y enterrado						1,00	104.850,00	104.850,00
02.9	Sistema de filtrado						1,00	6.064,00	6.064,00
02.10	Arqueta Arquetas prefabricadas de hormigón H200 con ventanas rectangulares. 400 mm x 400 mm						3,00	33,57	100,71
TOTAL CAPÍTULO C2 Riego.....									198.415,57

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C4 Seguridad y salud									
SS	u Medidas de seguridad e higiene								
	Incluye todas la medidas de seguridad e higiene necesarias para la correcta realización de la obra, a sido calculadaaplicando un porcentaje del 2 % del total presupuestado para la plantación de la finca.								
							1,00	10.890,73	10.890,73
	TOTAL CAPÍTULO C4 Seguridad y salud								10.890,73
	TOTAL								558.720,80

Documento 2:

Cuadro de descompuestos

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	-------------	--------	----------	---------

CAPÍTULO C1 Plantación

SUBCAPÍTULO 01.2 Planta

01.2.1	u	Smarttre Lauranne Almendo de variedad Lauranne injertado sobre Rootpac 20 de un año de injerto . Material vegetal sano , sin enfermedades ni plagas, certificado.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			3,25

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con VEINTICINCO CÉNTIMOS

01.2.2	u	Smarttre Vialfas Almendo de variedad Vialfas injertado sobre Rootpac 20 de un año de injerto . Material vegetal sano , sin enfermedades ni plagas, certificado.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			3,25

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con VEINTICINCO CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 01.3 Plantación

01.3.1	u	Tutores Tutor de pino tratado.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			0,50

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

01.3.2	u	Protector definitivo			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			0,15

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con QUINCE CÉNTIMOS

01.3.3	u	Colocación de la planta			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			0,30

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con TREINTA CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 01.4 Actividades Posteriores

01.4.1	Ha	Riego de plantación Riego de asentamiento,aportación de 15-20 litros por planta .			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			40,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA EUROS

01.4.2	Ha	Revisión de plantas Supervisión de las plantas, atado al tutor y correcta colocación del tutor.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			100,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIEN EUROS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
SUBCAPÍTULO 01.1 Preparación del terreno					
01.1.1	Ha	Aplicación de estiércol Enmienda orgánica. Estiércol de oveja (60 t/ha)			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			50,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA EUROS					
01.1.2	Ha	Subsolado Se trabajará con profundidades de 60-70cm que serán llevadas a cabo en dos pasadas cruzadas, gracias un sub-solador de 7 púas y doble rodillo descompactador.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			70,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA EUROS					
01.1.3	Ha	Despedregado Retirada de la parcela de las piedras superficiales de mayor tamaño.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			30,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA EUROS					
01.1.4	Ha	Labor superficial Cultivador de 21 brazos, nos permitira afinar y allanar el terreno más superficial. Para ello, se van a ejecutar dos labores cruzadas de cultivador a una profundidad de 15-25 cm			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			45,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y CINCO EUROS					
01.1.5	Ha	Rulo compactador Una labor de rulado nos permitira dejar el suelo liso y uniforme para ejecutar el plantado, gracias a un rulo liso con cuchilla de 7,7 metros.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			45,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y CINCO EUROS					
SUBCAPÍTULO 01.5 Replanteo					
01.5.1	u	Replanteo La replantacion de posibles marras que se ubican por la plantación, en este caso , 1%.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			7,50
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS					
01.5.2	h	Riego auxiliar			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			3,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS					

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	-------------	--------	----------	---------

CAPÍTULO C3 Separadores de estiércol

SUBCAPÍTULO 03.1 Explotación Porcina

03.1.1 u Planta de separación

Planta de separación para riego gotero con un filtrado de hasta 80 micras para que los goteros de riego no se obturen.

03.1.1.1	1,000 u	Separador solido-liquido modelo kompack	35.200,00	35.200,00	
03.1.1.2	1,000 u	Deposito pulmón	3.500,00	3.500,00	
03.1.1.3	1,000 u	Agitador 2,2 kW	1.800,00	1.800,00	
03.1.1.4	1,000 u	Bomba ARS 65	220,00	220,00	
03.1.1.5	1,000 u	Nivel ultrasonido	300,00	300,00	
03.1.1.6	1,000 u	Interruptor de boya	25,00	25,00	
03.1.1.7	1,000 u	Filtro separador vibrante	21.000,00	21.000,00	
03.1.1.8	1,000 u	Sistema de limpieza	3.000,00	3.000,00	
03.1.1.9	1,000 u	Balsa impermeabilizada	5.000,00	5.000,00	
03.1.1.10	1,000 u	Detector de flujo	150,00	150,00	
03.1.1.11	1,000 u	Bomba extractora de 4 Kw	2.300,00	2.300,00	

TOTAL PARTIDA..... 72.495,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS

03.1.2 m² Solera e=10 cm 15x15

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA..... 15,94

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINCE EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 03.2 Finca Plantación

03.2.1 u Deposito de agua horizontal con cunas de 50 m3

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA..... 8.591,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL QUINIENTOS NOVENTA Y UN EUROS

03.2.2 m² Solera hormigon e=10cm 30 x 30

Solera de hormigón armado de 10 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 como armadura de reparto, colocada sobre separadores homologados, extendido y vibrado mecánico mediante extendidora, sin tratamiento de su superficie con juntas de retracción de 5 mm de espesor, mediante corte con disco de diamante. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación. El precio no incluye la base de la solera.

E1	1,000 m²	Materiales	9,87	9,87	
E2	1,000 m²	Equipo y maquinaria	1,17	1,17	
E3	1,000 m²	Mano de obra	4,90	4,90	

TOTAL PARTIDA..... 15,94

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINCE EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

03.2.3 u Caudalimetro,por ultrasonidos de diámetro 3"

Contador ultrasónico con un diseño robusto y fiable perfecto para instalaciones agrícolas, redes de abastecimiento de agua y otras aplicaciones de uso industrial.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA..... 640,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS CUARENTA EUROS

03.2.4 u Motobomba de caudal

Motobomba de agua con salida de 3", caudal: 36.000 l/h, elevación: 30m

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA..... 188,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y OCHO EUROS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
SUBCAPÍTULO 03.3 Transporte					
03.3.1	u	Transporte fracción líquida			
			Sin descomposición		
TOTAL PARTIDA.....					40,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA EUROS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	-------------	--------	----------	---------

CAPÍTULO C2 Riego

SUBCAPÍTULO 02.1 Programador de riego

02.1.1	u	Programador de riego	Sin descomposición		
TOTAL PARTIDA.....					425,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS VEINTICINCO EUROS

SUBCAPÍTULO 02.2 Deposito de agua

02.2.1		Deposito 2.000 m3 Deposito de agua de 2.000 m3, con paneles galvanizados y revestimiento de plastisol. Medidas: diametro 28,26 m, altura 3,36 m	Sin descomposición		
TOTAL PARTIDA.....					34.600,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS EUROS

02.2.2		Componentes del deposito	Sin descomposición		
TOTAL PARTIDA.....					2.700,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL SETECIENTOS EUROS

53		Cimentación Cimentación de lona sobre un lecho de arena y zuncho perimetral exterior.	Sin descomposición		
TOTAL PARTIDA.....					5.800,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL OCHOCIENTOS EUROS

SUBCAPÍTULO 02.3 Tuberías principales

02.4.1	m	PVC 140/10 C/J. E Tubería PVC con junta elastica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diametro 140 mm. Espesor de pared: 5.4 mm. Presión 10 atm. Norma de fabricación UNE-EN 1452.	Sin descomposición		
TOTAL PARTIDA.....					7,70

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con SETENTA CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 02.4 Valvulas

02.5.1	u	DOROT GAL 3" PLAS. 75-BSP Válvula de diafragma auto-operada con la propia presión de la red. Fabricada en nylon reforzado con fibra de vidrio.	Sin descomposición		
TOTAL PARTIDA.....					118,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECIOCHO EUROS

02.5.2	u	Válvula antisifón rosca 1/2" 6,87 Se conectan a collarin en tubería de PE o con accesorio conector roscado para tubería de goteo. Presión mínima de trabajo: 0,5 bar. Presión máxima de trabajo: 5 bar.	Sin descomposición		
TOTAL PARTIDA.....					2,87

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
SUBCAPÍTULO 02.5 Tuberías terciarias					
02.7.1	m	PVC 63/6 C/J.E Tubería PVC con unión por junta elástica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diámetro 63 mm Espesor de pared: 2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 1452.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			1,33
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS					
02.7.2	m	PVC 75/6 C/J.E Tubería PVC con unión por junta elástica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diámetro 75mm. Espesor de pared: 2.3 mm.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			1,75
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
02.7.3	m	PVC 90/6 C/J.E Tubería PVC con unión por junta elástica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diámetro 90 Espesor de pared: 2.8 mm. Norma de fabricación UNE-EN 1452.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			2,64
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
02.7.4	m	PVC 110/10 C/J. E Tubería PVC con unión por junta elástica, indicado para conducciones de agua a presión. Suministrado en barras de longitud 6m. en color gris. Diámetro 110 Espesor de pared: 4.2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 1452.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			4,76
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
SUBCAPÍTULO 02.6 Tuberías laterales					
02.8.1	m	DRIPNET 20/100 2.0L/H 0.60M Tubo goteo DRIPNET de NETAFIM de 20X1,2 mm. gotero autocompensante de caudal 2,0 L/H. (Rollo 300 M.)			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			0,46
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS					

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
SUBCAPÍTULO 02.7 Fertirrigación					
02.9.1	u	Depósito de polietileno cilíndrico para dosificación, de 1.000 l Depositos de polietileno enriquecidos con aditivos anti rayos ultravioletas y tratados para calidad alimentaria. Han sido diseñados en color blanco translúcido natural, con lectura de nivel en el cuerpo.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			398,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS					
02.9.2	u	Inyector de fertilizantes El inyector de fertilizantes ayuda en el proceso de fertilización agrícola. El caudal de inyección se ajusta con la regulación mediante una válvula manual de 3/4" instalada en la tubería de alimentación			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			544,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS					
02.9.3	u	Bomba inyectora La bomba dosificadora permite inyectar abono líquido a baja presión y no genera ninguna pérdida de carga.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			612,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS DOCE EUROS					
02.9.4	u	Agitadores industriales Agitador vertical de turbina con brida, motor trifásico de 1/2 HP y caña de 1 metro. La principal función del agitador industrial es agitar y mezclar líquidos o sólidos de baja densidad, garantizando la homogeneidad de la mezcla.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			275,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS					
SUBCAPÍTULO 02.8 Instalación y enterrado					
02.10.1	ha	Instalación de tuberías Colocación y enterrado de las tuberías riego y ramales de goteros.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			4.500,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL QUINIENTOS EUROS					
SUBCAPÍTULO 02.9 Sistema de filtrado					
02.11.1		Sigma Pro 4" 6000 Filtro polimérico y autolimpiante, con múltiples mallas, que combina la tecnología de succión-escaneo de Amiad® con un innovador diseño compacto. Su bajo consumo de agua y energía, junto con su gran superficie de filtración, lo hace una solución óptima para diversas aplicaciones. Presión máxima de trabajo: 10 bar. Rango de filtración: 80 a 300 micrones. Rango de caudales: 30 a 280 m3/h.			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			6.064,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL SESENTA Y CUATRO EUROS					
02.11.2		Hidrociclón metálico El filtro hidrociclón Gaer® es un filtro diseñado para ser utilizado en cabezales de filtración, tanto para aplicaciones agrícolas como industriales. Su función es la de separar la arena y otras partículas compactas más pesadas que el agua, por lo que es ideal como filtro previo en instalaciones que captan agua de pozo.			
02.10		Arqueta Arquetas prefabricadas de hormigón H200 con ventanas rectangulares. 400 mm x 400 mm			
			Sin descomposición		
		TOTAL PARTIDA.....			33,57
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y TRES EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS					

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO C4 Seguridad y salud					
SS	u	Medidas de seguridad e higiene			
		Incluye todas la medidas de seguridad e higiene necesarias para la correcta realización de la obra, a sido calcula- daaplicando un porcentaje del 2 % del total presupuestado para la plantación de la finca.			
		Sin descomposición			
		TOTAL PARTIDA.....			10.890,73

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL OCHOCIENTOS NOVENTA EUROS con SETENTA Y TRES
CÉNTIMOS

Documento 3:
Resumen presupuesto

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
C1	Plantación.....	238.177,00	42,63
C3	Separadores de estiércol.....	111.237,50	19,91
C2	Riego.....	198.415,57	35,51
C4	Seguridad y salud.....	10.890,73	1,95
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		558.720,80	
	13,00% Gastos generales.....	72.633,70	
	6,00% Beneficio industrial.....	33.523,25	
	SUMA DE G.G. y B.I.	106.156,95	
	21,00% I.V.A.	139.624,33	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		804.502,08	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		804.502,08	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de OCHOCIENTOS CUATRO MIL QUINIENTOS DOS EUROS con OCHO CÉNTIMOS

Monreal del Campo, a 14 de noviembre de 2020.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA